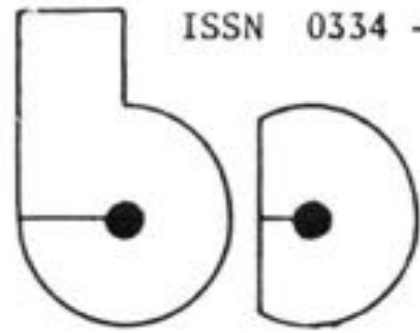


ISSN 0334 - 1127



אסטרונומיה
אסטרופיסיקה
חקר החלל

פוספי אור



5-6/1987



סל סוכני אור

חשוון-כסלו תשמ"ח
STARLIGHT

נובמבר-דצמבר 1987
NOVEMBER-DECEMBER 1987

כרך 14, גליון 5-6
VOL. 14, NO. 5-6

מוציא לאור: האגודה הישראלית לאסטרונומיה, עמותה מס. 58-004-867-6
מצפה הכוכבים, גן העליה השניה, גבעתיים
העורכים: ענבל חמו, חנוך גרשט, בועז מאיר
כתובת המערכת: ת. ד. 149 גבעתיים 53101

PUBLISHER: THE ISRAEL ASTRONOMICAL ASSOCIATION
GIVATAYIM OBSERVATORY, SECOND ALIYA PARK, GIVATAYIM
EDITORS: INBAL HAMO, HANOH GERST, BOAZ MAYER
ADDRESS: P.O.B. 149 GIVATAYIM 53101

160	חדשות מעולם האסטרונומיה
162	תכנית הטיסות המאוישות של ארה"ב
169	מעבורת החלל - עקרונות בניה והפעלה, אילוצים
174	ניסויים מדעיים בחלל במטענים קטנים
181	גמ"ק אמצ"מ - הכוונה של מעמד משווני
183	פינת החובב
191	קבוצת תצפית בכוכבים משתנים
194	מטענים לניסויי חלל קטנים
197	על עב"מים ואסטרונומים
199	לווינים קטנים וזולים (יחסית)
203	בייגל שמיימי - הגלקסיה המוזרה של הואג
208	הבעיה של זיהום האור
211	כמה ליקויי חמה בארץ ישראל
214	תוכן מאמרים בכרך 14 - שנת 1987

בשער הקדמי - האסטרונואוט אד וויט היה האמריקאי הראשון שריחף בחלל. היה זה ב-3 ביוני 1965, במהלך טיסת חללית ג'מיני 4.

בשער האחורי - מעבורת החלל מוסעת על גבי כן השילוח לאתר השיגור.

משולחן המערכת

קוראים יקרים

הרעיון לגליון שלפניכם נולד באחת מישיבות ועד האגודה כאשר העורכים הקבועים זעקו תחת עומס ההוצאה לאור של העיתון. הוצע אז שכמה מחברי האגודה, שאינם עורכי העיתון, יקחו על עצמם הוצאת גליונות בודדים, מיוחדים. כיוון שזה זמן רב עלה במוחי הרעיון לפרסם סדרת מאמרים על חקר החלל, חשבתי ליהיה זה נכון אם אתנדב. חשבתי גם לזו תהיה דוגמה אישית, היו"ר בעצמו כותב גליון שלם.

לאחר עבודה רבה, פרי עמלי לפניכם; אני מקווה שתהנו. יותר מכך, אני מקווה שאמנם תראו בכך דרבון לכתוב מאמרים לעתון. נאמר לכולם כי הוצאת "כל כוכבי אור" נעשית כיום בעזרת מחשב. מעבד תמלילים מחליף את העפרון. היעילות של העריכה גדולה מאוד וניתן להפיק דפים מוכנים לדפוס במהרה.

הבעיה היא, כמובן, מציאת חומר מתאים לפרסום ובפורמט מתאים למחשבי העורכים הקבועים. זה נשמע מפחיד להוציא גליון של עתון לבדך. כדי להפיק את הגליון שלפניכם; סייע בידי חברנו חנוך גרשט. השתדלנו לאזן את המאמרים על ידי איורים רבים. אני מקווה שהתוכן יהיה מובן לכולם.

וכעת למה שיש בפנים. בגליון כפול זה הושם הדגש בנושא חקר החלל. הסיבה היא שאולי בעתיד הלא-רחוק נוכל לשמוע על מאמץ ישראלי לחקר החלל, וכדאי להיות מוכנים לכך. כבר קראנו בעתונות היומית על תכניות לשלח לוויין תקשורת ולוויינים מדעיים. זה מספר שנים שנבנה ניסוי העתיד לבדוק כיצד צרעות מתפתחות בתנאי חלל. יבוא יום, אני מאמין, וגם לחובבי האסטרונומיה יהיה מה להגיד בנושא החלליות.

מלבד מאמרים אלו, המהננים את היחידה המרכזית של החוברת, תמצאו את הפינות הקבועות של חדשות מעולם האסטרונומיה ופינת החובב. במאמר קצר נוסף אני מסביר איך לכוון מעמד משווני; זהו המשך למאמר שכתבתי לפני מספר שנים, אך הגרסה הנוכחית ברורה יותר. מאמרים אחרים דנים במספר ליקויי החמה במאה השנים הקרובות, בעב"מים, ובזיהום האור של שמי הלילה. הנושא האחרון חשוב ביותר לעתיד האסטרונומיה, של חובבים ומקצועיים גם יחד, והנני ממליץ להקדיש לו תשומת לב מרובה.

בעקבות "מבול" המאמרים בנושא הכוכבים המשתנים שראו אור בגליונות האחרונים של עתוננו ולאחר שיחות במסגרת ועד האגודה, אני מודיע מעל גבי העתון על אפשרות מחקר מדעי משותף עם האסטרונומים המקצועיים. ראו נא את המאמר על הכוכבים המשתנים בעלי מחזור ארוך שמתפרסם כאן. המעוניינים מתבקשים לכתוב אלי לפי הכתובת שבגוף המאמר.

ד"ר נח ברוש

יושב ראש האגודה

חדשות... חדשות...

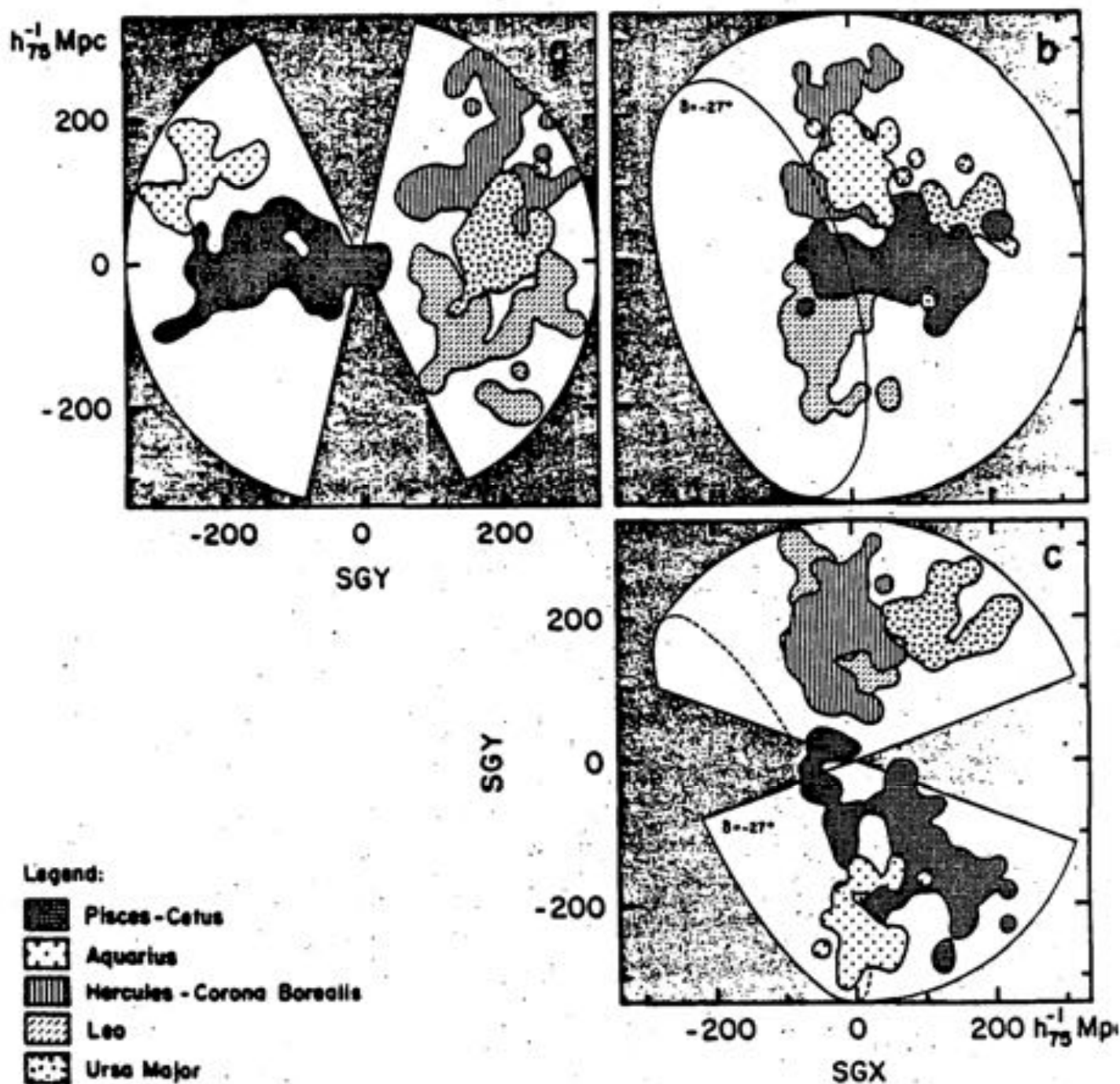
"דע היכן אתה נמצא"

התשובה המקובלת לשאלה שבכותרת היא בדרך כלל שם של עיר, ואולי מדינה. למנוסים מבין האסטרונומים תשובה אחרת, אולי כדור הארץ, מערכת השמש או שביל החלב. בכל שלב כזה של תחכום, מתרחב האופק של הדובר. עד לזמן הקרוב ממש, אופק "השתייכות" זה היה מוגבל ל-"על-צביר המקומי", יחידת יקום שגודלה כ-50 מיליוני פרסק, שהכילה את שביל החלב עם החבורה המקומית של גלקסיות. צביר הגלקסיות שבמזל בתולה, אליו נעה החבורה המקומית, ועוד מספר צבירי גלקסיות וחבורות גלקסיות קטנות. לאחרונה הושלם מחקר המראה כי העל-צביר המקומי הינו אך יחידה אחת ביישות שגודלה כ-200 מיליוני פרסק. אם ממצאי המחקר נכונים, התשובה לשאלה שבכותרת היא "אני גר במכלול העל-צבירים דגים-לויתן". בהמשך, הסבר לכל זה.

בחודש ספטמבר 1987 הגיע לידי הכותב מאמר של דר' טאלי (TULLY) מהמכון לאסטרונומיה של אוניברסיטת הוואי. טאלי הוא בין בולטי החוקרים של מבנה היקום, ואסור לפסול את דבריו במחי יד. הוא אסף נתונים לגבי מהירויות רדיאליות של גלקסיות בצבירים של גלקסיות. כזכור, מהירות של גרם שמימי כגלקסיה מתכונתית למרחקה מאיתנו, בגלל ההסחה לאדום הקוסמולוגית של התפשטות היקום. לכן, מדידת מהירות רדיאלית של גלקסיות בצבירים מלמדת על מרחקם של הצבירים מאיתנו. מדגם צבירי הגלקסיות עליהם מבוסס המחקר מונה 315 עצמים. אלו צבירים עשירים של גלקסיות, כמו צביר הבתולה או צביר COMA (שערות ברניקא).

אוסף העצמים עליהם כותב טאלי מהווה מדגם שלם, כלומר מייצג נאמנה את התפלגות הצבירים ביקום. כיום מאמינים כי רק כ-10 אחוז מכל הגלקסיות נמצאות בתוך הצבירים העשירים, ושאר הגלקסיות מהוות מעין מעטפה סביב הצבירים העשירים. אם המחקר מתרכז בצבירי גלקסיות עשירים, אזי ההנחה היא שהמבנה שנמצא הוא ה"שלד" עליו מסתדרת רוב המסה ביקום, כלומר שזהו המבנה הבסיסי של היקום.

טאלי מראה במאמרו, שהופיע בגליון דצמבר 1987 של העתון JOURNAL OF ASTROPHYSICAL, שהגלקסיה שלנו, החבורה המקומית, צביר הבתולה והעל-צביר המקומי קשורים בתוך מכלול של על-צבירים כמו העל-צביר בדגים, שמרחקו מאיתנו כ-100 מיליוני פרסק, ועוד, למסגרת שהוזכרה בקטע הראשון. המעניין במחקרו של טאלי הוא שהמבנה הבסיסי של מכלול העל-צבירים אליו אנו משתייכים הוא מישורי. המימד האופייני (מעין קוטר) של מכלול העל-צבירים הוא כ-300 מיליוני פרסק. טבועים בו כ-60 צבירי גלקסיות עשירים, בהם יש כ-10(18) מסות שמש של חומר, כלומר כמיליון גלקסיות כשביל החלב. מישור ה"משווה" של המכלול קרוב מאוד למישור המשווה של העל-צביר המקומי, זו עוד עדות על הקשר הפיסיקלי בין שניהם. העובי של המכלול דק יחסית, רק כ-40 מיליוני פרסק.



ציור מספר 1

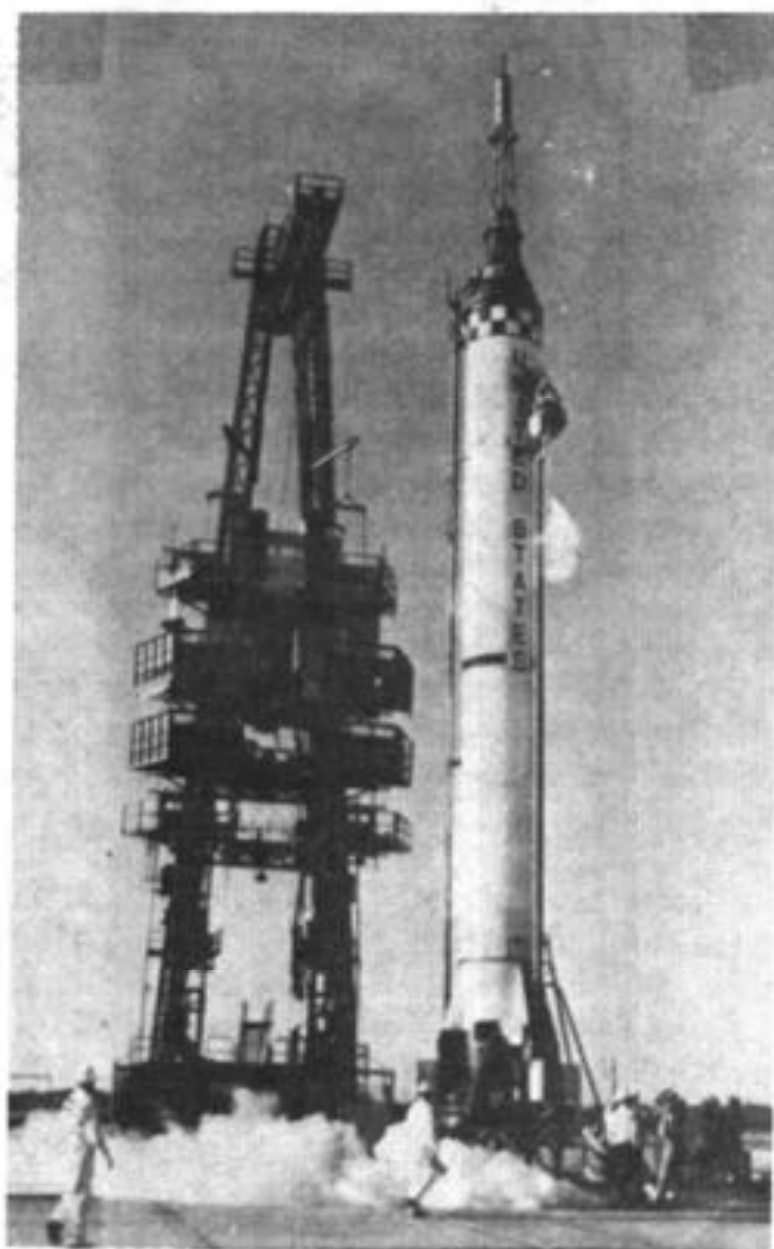
מבנה היקום הידוע לנו עד למרחק של כ-300 מיליוני פרסק. חמשת קבוצות העל-צבירים מסומנות בקיוקו שונה בציור.

המחקר הנוכחי מתייחס למבנה היקום עד למרחקים של כ-300 מיליוני פרסק (הסחה לאדום של 0.1 מהירות האור). בנפח זה קיימים, מלבד המכלול הנדון, עוד כ-4 מכלולי על-צבירים אחרים. גודלם ומימדיהם דומים לאלו של המכלול שלנו, והם נמשכים אל מעבר לגבולות שטח המחקר המוגדר, 300 מיליוני פרסק. לממצאים הנוכחים יש השלכות רבות למודלים המנסים להסביר את המבנה הגדול של היקום. יש לשער כי פיתוח הטלסקופים הגדולים בזמן הקרוב תצעיד מחקר זה למרחקים גדולים יותר. אז נדע אם יש תשובה רחבה יותר לשאלה "היכן אתה נמצא" ★

תכנית טיסות החלל המאווישות של ארצות הברית - סקירה היסטורית

תכנית הטיסות המאווישות של ארה"ב החלה עם טיסות מרקורי (MERCURY) בראשית שנות השישים. התכנית אומצה רשמית ע"י סוכנות החלל של ארה"ב (NASA) לקראת סוף שנת 1958, כאשר טייסי סילון נתבקשו להתנדב לטיסות חלל. באפריל 1959 נבחרו שבעה אסטרונאוטים שאמורים היו להוכיח את יכולת האדם להתקיים ולבצע משימות בחלל. תכנית מרקורי היתה אמורה לפתח טכנולוגית חלל בסיסית וכלי טיס לטיסות המאווישות.

חלליות מרקורי היו דמויות פעמון; רוחבן היה כ-1.9 מ' וגובהן כ-2.9 מ'. מסתן במסלול היתה כ-1450 ק"ג בתצורה המאסיבית ביותר, והן שולחו לחלל ע"י טילים מסוג רדסטון (REDSTONE), לטיסות בליסטיות לא לוויניות, או ע"י טילי אטלס (ATLAS) שהוסבו לשימושים אזרחיים, עבור משימות במסלול לוויני.



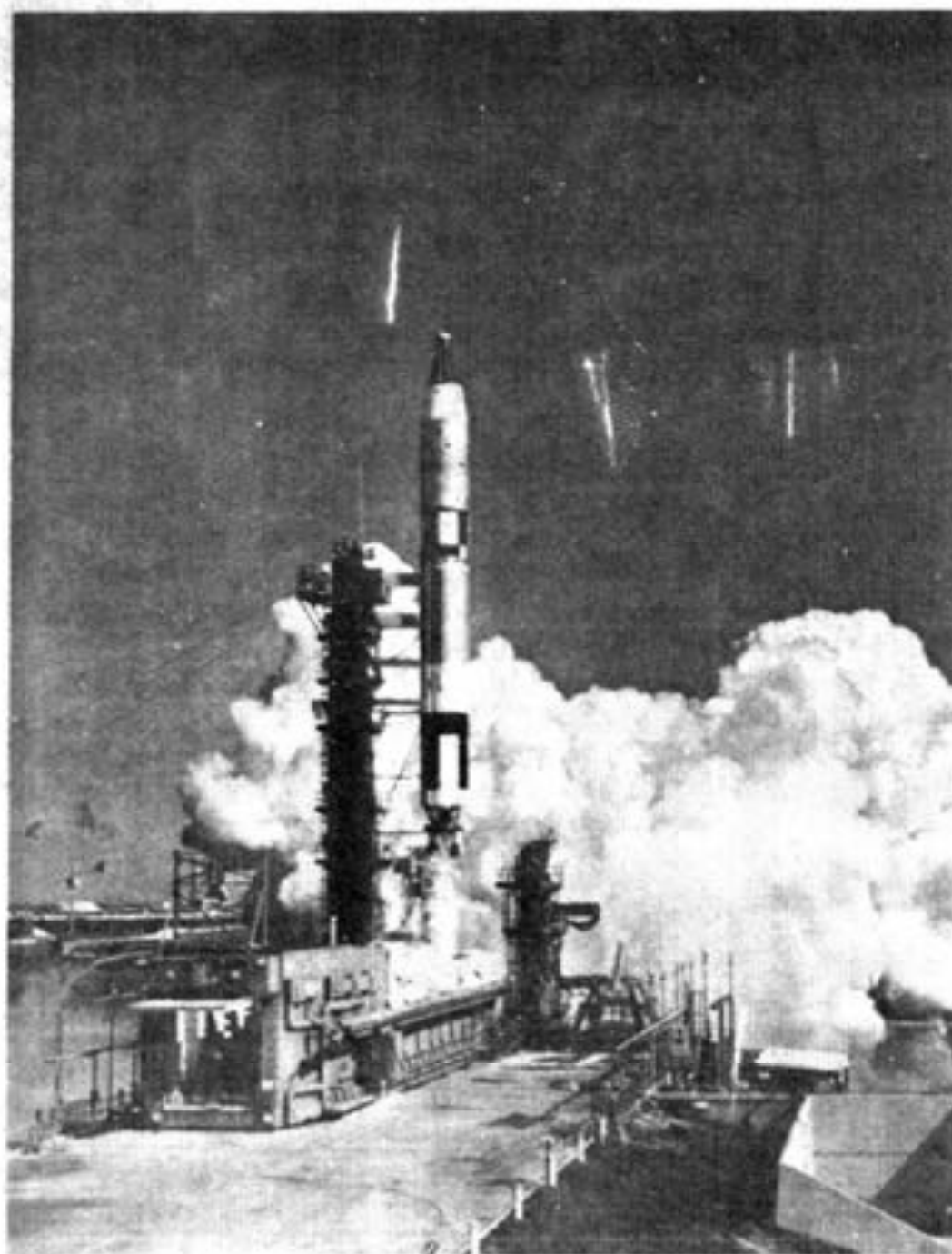
תמונה מס. 1 - שילוח חללית מרקורי הראשונה בשנת 1961.

הטיסה הראשונה המסלולית של חללית מרקורי היתה עם הטייס ג'ון גלן (כיום חבר בסנט של ארה"ב) ב-20 בפברואר 1962, כאשר בטיסה זו הוקף כדור הארץ 3 פעמים. תכנית מרקורי השלימה את מטרותיה כשנה לאחר מכן, לאחר שלוש טיסות נוספות.

המשך תכנית הטיסות המאווישות היה ע"י חלליות ג'מיני (GEMINI), שנבנו לשאת שני אסטרונאוטים באותה חללית. זו היתה חללית כבדה יותר וגדולה יותר, שהועלחה למסלול לוויני ע"י טיל מסוג טיטן (TITAN), שוב טיל צבאי שהוסב למטרות אזרחיות. יחד עם הטיל הנושא, הגיעה החללית לגובה של כ-33 מ' מעל הקרקע.

אחת המשימות שהוטלו על טייסי ג'מיני היתה להציג כושר הצמדות של חלליתם, בהטסה ידנית, לגוף אחר ששולח בנפרד

לחלל ע"י טיל אחר. לכן נכוננו חלליות ג'מיני בכושר תמרון מעולה, הכולל אפשרות לשנות את מישור הטיסה ואת גובהה. לחללית מטרה לתרגילי ההצמדות נבחרה גירסה של טיל אג'נה (AGENA), שהועלתה למסלול קרוב לזה של תא הג'מיני ע"י טיל אטלס. טיל האג'נה היה בעל יכולת הנעה עם הצתות מרובות, והקנה בכך כושר תמרון נוסף לחללית ג'מיני לאחר ההצמדות.



תמונה מס. 2 - שילוח חללית ג'מיני

סך הכל, היו 10 טיסות ג'מיני, מהם 4 עם הצמדות לסיל אג'נה. האג'נה הועלתה למסלול בגובה כ-300 ק"מ, שם נמדדו המהירות והפרטים האחרים של המסלול בדייקנות. אחר כך היו משלחים את הטיטן נושא תא הג'מיני למסלול נמוך יותר. תא הג'מיני היה מחקרב אל האג'נה, ובמרחק של כ-400 ק"מ היו מתחילים האסטרונוטים להתכוון אל סיל המטרה בעזרת מכ"מ (RADAR). כשהמרחק היה מתקצר לכ-80 ק"מ היו האסטרונוטים מסוגלים לראות את נצנץ האור של האג'נה, ולהתחיל בתהליך ההתקרבות וההצמדות בניווט ידני.

שתי החלליות היו אמורות להתקרב זו לזו עד כדי מרחק אפסי, תוך הקטנת המהירות עד לכ-3 ק"מ/שעה. במגע בין שתי החלליות, היה נצמד "אפה" של הג'מיני לפתח מיוחד באג'נה, מעגלים חשמליים היו נסגרים, ולאסטרונוטים היתה מוקנת שליטה מלאה על מערכות האג'נה.

הטיסה המאווישת הראשונה של תא ג'מיני היה ב-1964 והתכנית כולה נמשכה כשנתיים. במשך התכנית צברו האסטרונוטים שהטיסו את החלליות כ-1000 שעות-חלל, ביניהם כ-12 שעות טיסה מחוץ לחללית. בשעתו השיגה חללית ג'מיני את שיא הגובה לטיסה מאוישת - 1372.8 ק"מ מעל פני הקרקע. אבל שתי תכניות החלל מרקורי וג'מיני היו למעשה חזרות לקראת תכנית אפולו, המטרה המוצהרת של נשיא ארה"ב ג'ון קנדי (KENNEDY) - להציב אמריקאי על אדמת הירח לפני 1970.

ההכנות הראשונות למבצע אדיר זה, שכונה תכנית אפולו (APOLLO) החלו עוד בשנת 1957. שנה לאחר מכן, הראו מחקרים כי ניתן לבנות סיל בעל דחף של יותר מ-6.6 מיליוני ניוטון, פי עשרים יותר חזק מסיל רדסטון, ע"י צירוף מספר מנועים יחד. פיתוח הטיילים האדירים נמשך, וב-1962 הודיעה NASA על התכנון של סיל סטורן (SATURN) 5, בעל דחף של יותר מ-33 מיליוני ניוטון. השלב הראשון של סיל זה היה מורכב מ-5 מנועים מסוג F-1, השני מ-5 מנועי J-2 בעלי דחף של 4.4 מיליוני ניוטון יחדיו, והשלב השלישי בו הותקן מנוע J-2 יחיד (דחף 889,600 ניוטון). צירוף המנועים הרבים בשלבים הראשון והשני של סיל הסטורן 5 מלמד על המטען הרב שהיה עליו לשאת.

מדעני NASA חישבו שכדי להשלים את משימת ההנחתה של אדם על הירח הם צריכים לבנות חללית שתוכל להביא שלשה אנשים למסלול סביב הירח ולהחזירם משם. בנוסף, היה צורך בחללית נוספת שתביא שנים מתוך שלשת האסטרונוטים ממסלול סביב הירח אל פניו ומשם חזרה לחללית האם. מכאן מובן מדוע היה צורך להוכיח אפשרות הצמדת שתי חלליות במבצע ג'מיני; הרי כדי לחבר חזרה את חללית ההנחתה לחללית האם היה צורך בתרגיל הצמדות כזה.

המרכיבים השונים של תכנית אפולו נוסו באמצע שנות השישים בעזרת גירסה קטנה של סיל הסטורן, מסוג 1B. הפיתוח לווה באסון כאשר פרצה דליקה בתא אפולו על כן השיגור ושלשת האסטרונוטים מצאו את מותם. בעקבות האסון שונה תכנון התא כך שהאסטרונוטים לא יינשמו עוד חמצן טהור. אבל בסך הכל תהליך הפיתוח המואץ התנהל כמוכנן, וב-1967 הוטס הצירוף של תא אפולו וסיל סטורן 5 לראשונה.

הטיסות המאוישות הראשונות היו ב-1968. בטיסות ראשונות אלו נבדקה ההתנהגות של הצוות והחללית למשך זמן דומה למתוכנן עבור טיסת הירח, כ-10 ימים. לראשונה, נחתו אסטרונאוטים על הירח בטיסה של אפולו 11, ביולי 1969. הטיסה של אפולו 12 התנהלה אף היא בשלום כקודמתה. אך אפולו 13 הפכה כמעט לאסון, כאשר פיצוץ במיכל חמצן ליד תאי הכוח בדרך לירח מנע נחיתה. צוות האסטרונאוטים השתמש בחללית הנחיתה על הירח כדי לאפשר תיקוני מסלול שהביאו את תא אפולו למסלול סביב הירח וחזרה אל כדור הארץ לנחיתה. כיוון שמלאי החמצן נפגע, השתמשו האסטרונאוטים במיכלי סיהור אויר מחללית הנחיתה כדי להשביח את האויר בתא הפיקוד.



תמונה מס. 3 - טיסת אפולו 15

טיסות אפולו הבאות, מספרן 14, 15, 16 ו-17, הושלמו בהצלחה עד סוף שנת 1972. במהלך טיסות אלו אספו האסטרונאוטים יותר מ-300 ק"ג של דגימות קרקע הירח, שהובאו לכדור הארץ. במספר טיסות הובא לירח כלי הדומה למכונית, בעל הנעה חשמלית, שהגביר את ניידות האסטרונאוטים בהרבה. המטרות של התכנית, להביא אמריקאי לירח (ודרך אגב לחקור את הירח ביסודיות) הושלמו. עתה הגיעה השעה לתכנית סקיילב (SKYLAB), הנסיון הראשון לבנות תחנת חלל פחות או יותר קבועה.

מעבדת הסקיילב היתה פרי היכולת האדירה של הטיל סטורן 5. רק מפלצת זו היתה יכולה להעלות למסלול בגובה של כ-430 ק"מ מסען של כ-90 שון בדמות גליל רחב וארוך, שהיה מגורים ומעבדה מעופפת. במהלך השילוח, בגובה של כ-7 ק"מ, נקרע מגן אלומיניום שמטרתו היתה למנוע פגיעה של מטאוריטים זעירים. תקלה זו גרמה לכך שהשמש תחמם את פנים החללית הרבה יותר מהמתוכנן ושאחד מלוחות תאי השמש לא הצליח לפרוס כהלכה ותפוקת החשמל היתה נמוכה מהמתוכנן. עשרה ימים אחרי שילוח המעבדה,

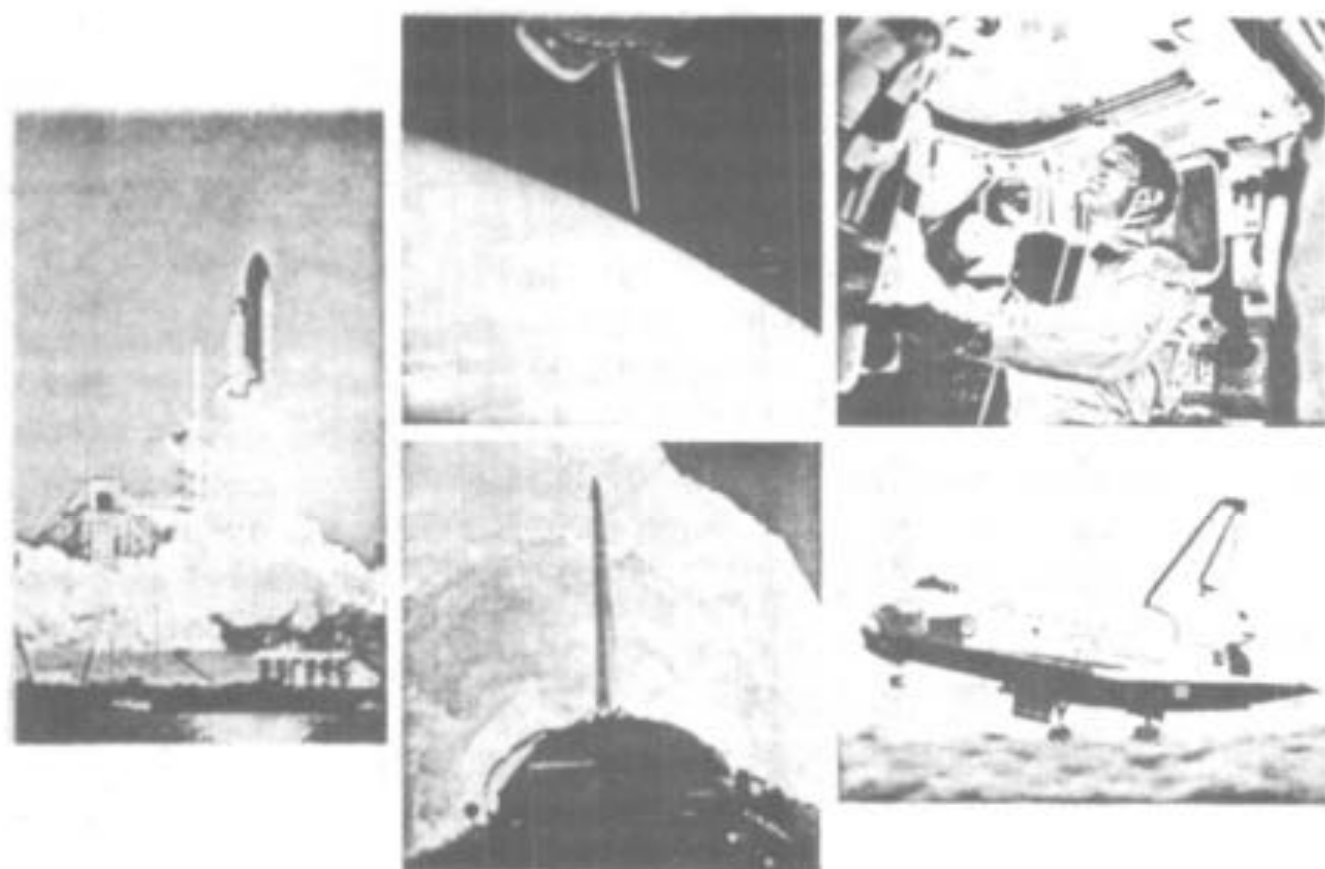
שולח הצוות המדעי של שלשה אסטרונוטים שתקנו את שני הפגמים ואיפשרו שהיה של כחודש ימים בגוף הסקיילב.



חמונה מס. 4 - מעבדת סקיילב על רקע כדור הארץ

לצוות הראשון הצטרפו צוות שני ושלישי, שהתחלפו. הצוות השני שהה כ-60 ימים בסקיילב והשלישי היה במעבדת החלל כ-84 ימים. ההגעה למסלול הסקיילב נעשתה באמצעות טיל הסטורן 1B. המטרות של מבצע סקיילב היו להפיק תועלת מדעית מהיכולת להטיס מטענים גדולים לחלל שצברה NASA. אחד המכשירים בסקיילב, טלסקופ השמש בקרני X ובאולטרא-סגול, הפיק נתונים כה רבים עד שמדענים עסוקים עד היום בהבנת הממצאים. הנתונים לגבי השמש, למשל, נרשמו על יותר מ-175 אלף צילומים. הצוות השלישי ששהה בסקיילב אף צפה בשביט קוהוטק (KOHOUTEK) שנצפה וצולם פעמים רבות. מעבדת סקיילב נכנסה לאטמוספירה ונשרפה ביולי 1979, לאחר קצת פחות מ-35,000 הקפות את כדור הארץ.

שאמורה הייתה להביא את התנסאותיה הבלתי אמצעית לכיתות בתי הספר. חכנית החלל של ארה"ב נעצרה, ועד שלא ייתוקנו כל הליקויים של המעבורת, לא יהיו יותר טיסות חלל. למדענים הייתה זו מכה קשה. בין הטיסות המתוכננות של המעבורת היו חלליות מחקר רבות. נזכיר כאן רק שתיים, חללית גלילאו (GALILEO) לטיסה לצדק ולמערכת ירחיו, וטלסקופ החלל. האחרון עלה לבוניו מעל מיליארד דולר, החללית היחידה היקרה ביותר שנבנתה עד כה.



תמונה מס. 5 - שלבים שונים במשימת המעבורת

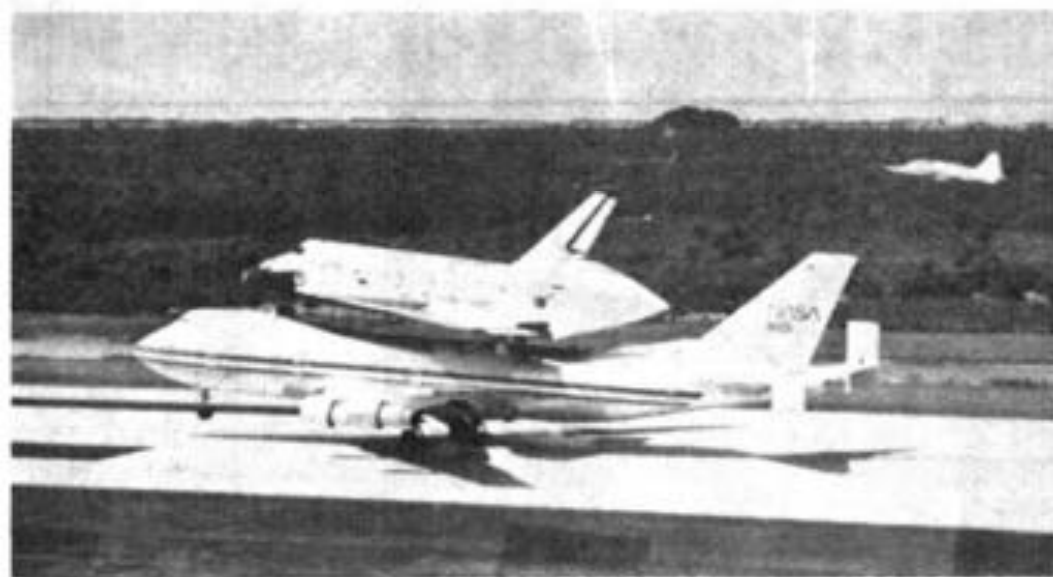
אומרים כי בשנת 1988 יתחדשו טיסות המעבורת. סביר מאוד שתכניות המחקר המדעי לא יתאוששו במהרה, כי הרי תינתן עדיפות גבוהה למסענים צבאיים שאין דרך להטיסם בלעדי המעבורת. למרות זאת קיימים מספר דרכים בהם מסענים קטנים יוכלו להיות מועלים למסלול לווייני. לאחד מהם, "חבילת המסע המיוחדת" (GET-AWAY SPECIAL), מוקדשת חוברת זו.



מעבורת החלל - עקרונות בניה והפעלה, אילוצים

בשנת 1972 הוטל על NASA לפתח כלי טיס בחלל לשימוש חוזר, שיוכל להעלות מטענים גדולים וכבדים למסלול נמוך סביב כדור הארץ. לימים כונה התוצר "מעבורת החלל", או לפי הקיצור המקובל באנגלית - STS. במאמר זה תתואר החללית ויוסברו יכולתה ומגבלותיה.

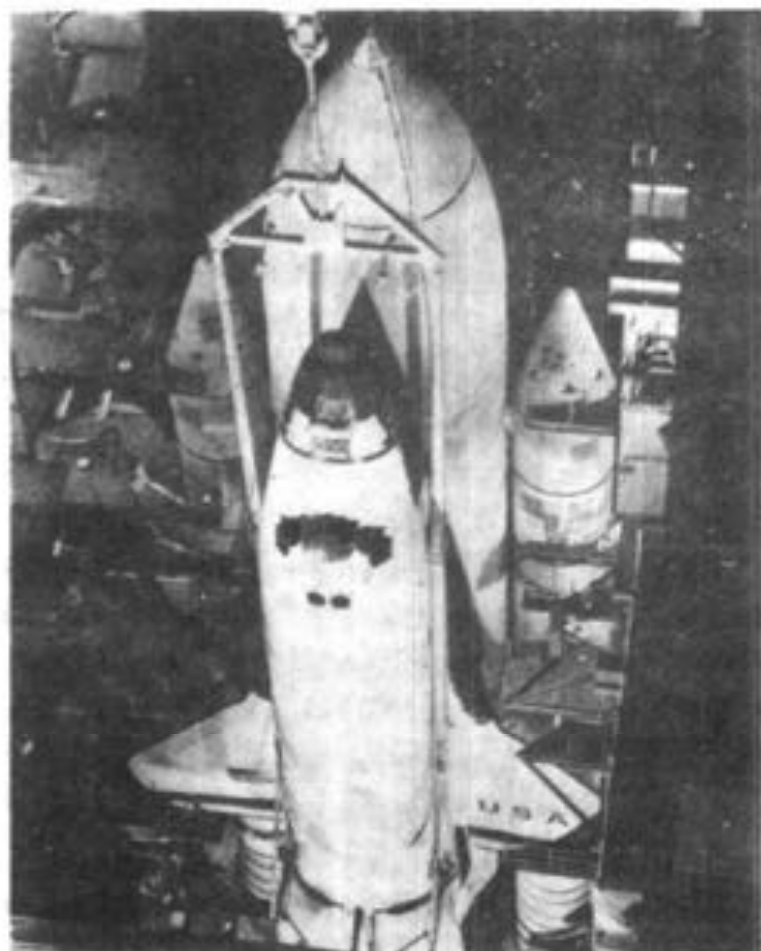
ראשית, צריך לזכור כי המעבורת היא כלי טיס גדול. שלשה הם מרכיביה העיקריים: גוף המעבורת, אותו נכנה "תא החלל", מיכל הדלק החיצוני וטיילי ההאצה. כאשר כל החלקים מורכבים, בעת השילוח, המתנשאת המעבורת לגובה של כ-56 מ' מעל רצפת כן השילוח והמאסה הכוללת היא כ-2042 טון. בעקרון, ניתן לשגר את המעבורת מאחד משני נמלי חלל של ארה"ב. האחד והידוע יותר הוא נמל החלל ע"ש קנדי (KENNEDY) בכף קנוורל (CAPE CANAVERAL) בפלורידה. הנמל השני הוא בסיס השילוח וונדנברג (VANDENBERG), בחוף המערבי של ארה"ב.



תמונה מס. 1 - מעבורת קולומביה חוזרת לנמל קנדי ע"ג מטוס בואינג 747.

לכל אחד מנמלי החלל הללו אילוצי שיגור בטיחותיים משלהם. לדוגמא, וזה דבר בו ניתן להווכח בקלות כשצופים בשיגור מנמל קנדי, מיד לאחר ההמראה הטיל או החללית מבצעים חצי סיבוב סביב עצמם תוך נסיה קטנה מהכיוון האנכי. הסיבה היא הצורך להתרחק מהר מאזורים צפופי אוכלוסין בפלורידה, ולצאת אל מעל האוקינוס, שם תקלה חמורה של כלי השיגור לא תגרום נזק כבד. אילוץ זה אינו מאפשר שיגורים לכל כיוון מנמל קנדי. השיגורים משם נעשים לכיוון מזרח, כך מוקנה לטיל עודף מהירות עקב סיבוב כדור הארץ סביב עצמו, והטית המסלול ביחס למשווה של כדור הארץ, בהנחה שלא מבוצע תיקון מסלול, היא 28.5 מעלות.

השילוחים למסלולים בעלי הטיה גבוהה, כמו המסלולים העוברים מעל הקטבים או הקרובים להם, נעשים בדרך כלל מבסיס השיגור וונדנברג. מובן שבשילוחים כאלה אין רווח מהירות, לכן המטען היעיל קטן יותר.



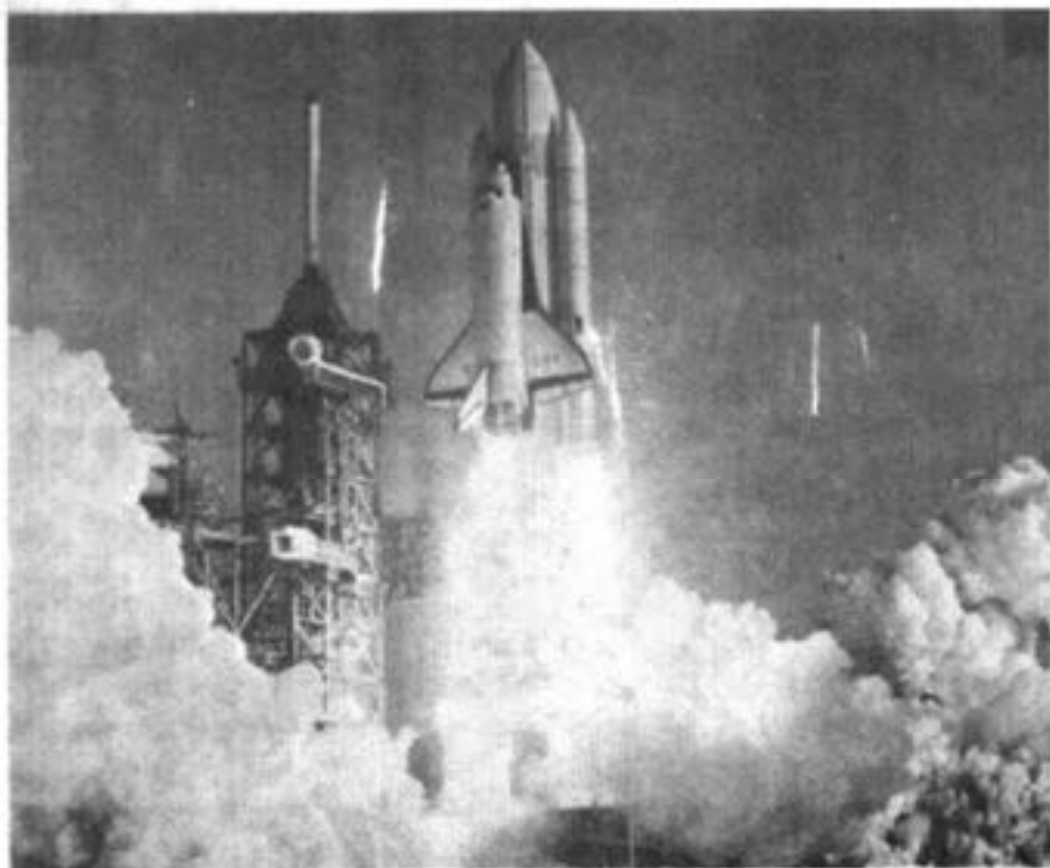
תמונה מס. 2 - הרכבת מעבורת החלל בתוך ה-VAB.

שיגור מעבורת החלל נעשה ממצב מאונך. כלי השיגור מורכב על גבי פלטפורמה ממונעת בתוך בנין גדול שגובהו 160 מ'. זהו ה-VAB (VEHICULAR ASSEMBLY BUILDING) ששימש בזמנו לחיבור חלליות אפולו על גבי סילי הסטורן 5. לאחר ההרכבה, מועברת החללית כולה אל כן השילוח. בנמל החלל ע"ש קנדי קיימים שני כני שילוח עבור המעבורת.

מימדי המרכיבים השונים של מכלול המעבורת גדולים מאוד. תא החלל דמוי מטוס ואף גודלו כגודל מטוס נוסעים סילוני לא קטן. אורכו כ-31 מ' ומוטת הכנפיים היא 23.8 מ'. לפני שיגור, כאשר תא המטען מלא, מאסת המרכיב הזה כ-88.5 טון. המענין את משתמשי המעבורת הוא גודל תא המטען. זהו מעין "אוטובוס", שאורכו יותר מ-18 מ' וקוטרו 4.8 מ' בו ניתן להעמיס כ-29.5 טון מטען בתנאי שהשיגור מבוצע לכיוון מזרח. אם כיוון השיגור כלפי צפון, יורד המטען היעיל לכ-14.5 טון, בגלל הצורך ביותר דלק הנעה וחללית קלה יותר כדי להשיג מהירות מסלולית.

לתא החלל שלשה מנועים מופעלים עם מימן וחמצן נוזליים. בעת שיגור החללית, יונקים המנועים את הדלק הנוזלי ממכל דלק ענק, שהינו המרכיב השני של מכלול המעבורת. אורך מיכל הדלק כ-47 מ' וקוטרו 8.5 מ'. בעת שיגור מכיל המיכל יותר מ-700 טון דלקים, הנשאבים למנועים ונשרפים תוך 8.5 דקות. עם כלות הדלק, בגובה של כ-110 ק"מ, נפרד מיכל הדלק מעל המעבורת, נופל חזרה אל כדור הארץ ונשרף בים. מאסת מיכל הדלק בהיותו ריק היא כ-70 טון. לאחר ניתוק מיכל הדלק, שואבים המנועים דלק ממכלים פנימיים בגוף תא החלל.

שלש מנועיה של תא החלל של המעבורת אינם מצליחים להעלות את כל המכלול מעל כן השילוח. לצורך זה צמודים שני טילי האצה המופעלים בדלק מוצק משני צידיו של המכלול. אף מרכיבים אלו של המכלול גדולים למדי. אורכם הוא כ-45 מ' וקוטרם כ-3.7 מ'. בעת בעירת הדלק המוצק מפתח כל טיל האצה דחף של כ-12 מיליוני ניוטונים. לאחר סיום הבעירה של טילי האצה, שלב הנמשך כדקה וחצי, נפרדים שני הטיילים שדלקם אזל מעל מכלול המעבורת וצונחים לים. שם הם נאספים על ידי אוניות ומועברים לבדיקה, שיפוץ ומילוי בדלק חדש, לשימוש חוזר בטיסות אחרות של המעבורת.



תמונה מס. 3 - השילוח הראשון של המעבורת - 12 באפריל 1981.

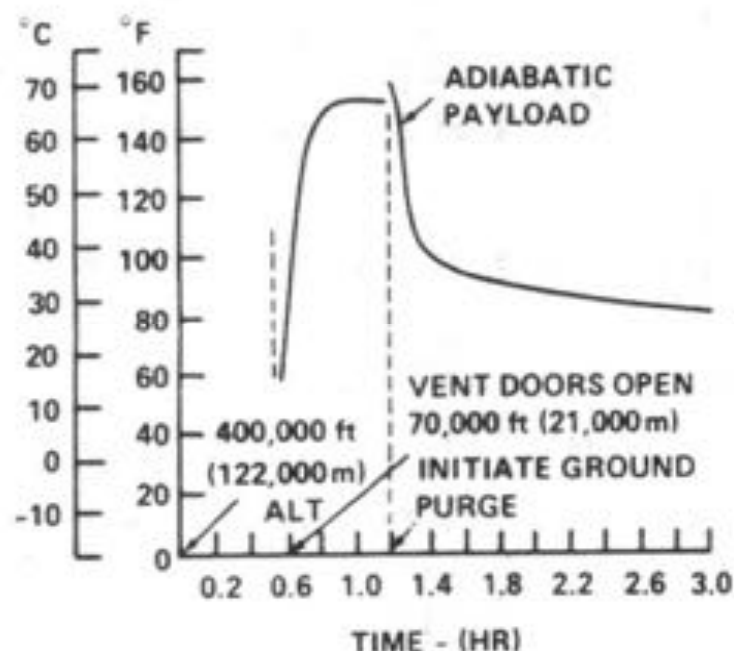
כפי שכבר כתבנו, תקלה באחד מטיילי האצה הביא לאסון המעבורת צ'לנג'ר. בפירוט מעט, מה שקרה הוא תוצר של מבנה טיל האצה עצמו. זה עשוי ממספר קטעים שיוצרו בנפרד ושחוברו אחד לשני. בין קטע לקטע מפרידה טבעת חיבור ולה שני אטמים, שתפקידם למנוע פריצת הגזים החמים מתוך המנוע ואבדן לחץ ודחף. בעת השיגור האומלל של הצ'לנג'ר כשלו שני האטמים ולהבת אש הבקיעה את מיכל הדלק שהתפוצץ. עתה שוקדים מדעני NASA ועובדי החברה שבנתה את טילי האצה, חברת MORTON-THIOKOL, בייצור ובדיקה של אטמים עמידים יותר, ובשיפורים אחרים של מערכת טילי האצה.

ניתן לסכם את ביצועי המעבורת בטבלה הבאה:

צוות	מירבי	מזערי	טיפוסי
משך משימה, בימים	7	2	3
נטיית המסלול, מעלות	30	פחות מ-1	3-4
גובה הטיסה, ק"מ	56	28.5	28.5
משך ההקפה, דקות	720	216	280
חלק הזמן בצל	100+	89	90
כדור הארץ, אחוזים	40	32	37
טמפרטורת הסביבה	93	-150	0
תאוצה אורכית (G)	3.7	0	3
תאוצה רוחבית	3.9	0	1-2
רעש (דציבל)	145	0	130

חלק מהטיסות מתבצעות כאשר פתחי תא המסען פתוחים כלפי החלל, חלק אחר עם הפתחים כלפי כדור הארץ. כעקרון, משימה של מעבורת החלל מתחילה כמו המראה של טיל, ממשיכה כמו לוויין ומסתיימת בנחיתה כמו מטוס. חלק הטיסה בו פועלים המנועים הוא לכל היותר 12 דקות, כאשר פרק הזמן הטיפוסי הוא 8 דקות. פתחי תא המסען נפתחים בין שעה לשלוש שעות אחר ההמראה, נשארים פתוחים משך כל הטיסה ונסגרים בין שעה לארבע שעות לפני נחיתה.

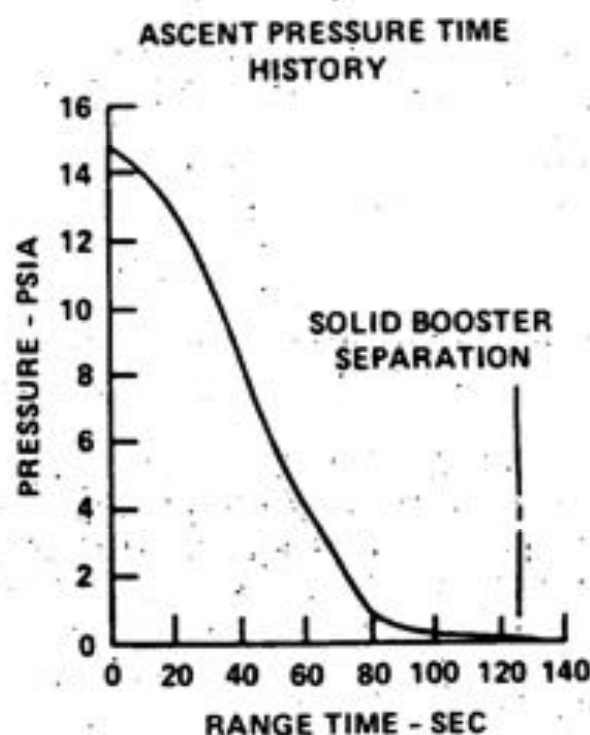
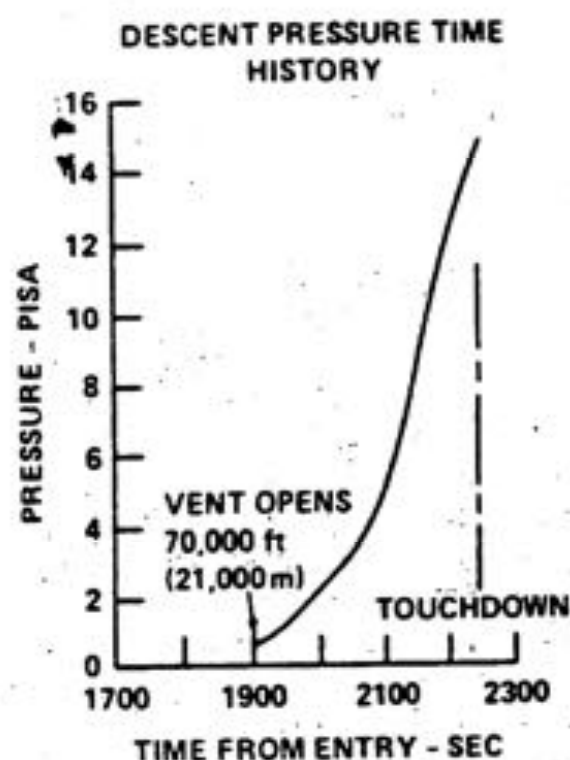
בשלבי טיסה של המראה ונחיתה פועלים על המעבורת כוחות הגורמים לתאוצה. בהמראה התאוצה היא לאורך החללית, לכל היותר 3.3G (תאוצה הכובד). לקראת נחיתה מופעלים המנועים הגורמים לתאוצה מתמדת של לכל היותר 2.8G. בנחיתה נוגעת החללית עם גלגליה בקרקע ובולמת. בשלב זה התאוצות יכולות להיות 4.2G בכוון אנכי, 1.8G לאורך החללית ו-1.2G לרוחבה.



שינויי הטמפרטורה בתא המסען

לפני ההמראה, מלא תא המסען באויר נקי או בחנקן בסמפ' של 20 מעלות ובלחות יחסית של פחות מ-50%. בתוך תא המסען, תהליכי ההמראה והנחיתה גורמים לשינוי בטמפרטורת האויר. ממצב שהיה בהמראה, עולה הסמפ' תוך כשעה לאחר ההמראה לכ-70 מעלות. עם תחילת תמרוני הנחיתה, הפעלת המנועים, הכניסה לאטמוספירה ופתיחת שסתומי האיזון בין חלל המסען לסביבת המעבורת (בגובה של כ-21 ק"מ מעל הקרקע)

יורדת הטמפרטורה מכ-70 מעלות לכ-30, לאחר כשעתיים. שסתומי האיזון נשארים פתוחים בהמראה. תא המסען פתוח לחלל בעת הטיסה המסלולית. לקראת נחיתה נסגרים הדלתות של תא המסען וגם שסתומי האיזון, שנפתחים כאמור רק בהגיע המעבורת לגובה של כ-21 ק"מ. משך הזמן המוקצב לאיזון עם תנאי הקרקע הוא זמן הטיסה מגובה של 21 ק"מ עד לנגיעה בקרקע, כ-6.6 דקות.



שינויי הלחץ בתא המסען בשילוח (מימין) ובנחיתה המעבורת (משמאל)

לסיום, נזכור שעלות תכנית מעבורת החלל למשלם המסים האמריקאי היא כ-8 מיליארד דולר. אסון צ'לנג'ר גרם להפסקת הטיסות לכשנתיים. בפרק זמן זה לא התבצעו שיגורים של כלי חלל משמעותיים מארה"ב כיוון שאלו התבססו רובם ככולם על יכולתה של המעבורת.

מבין התכניות המדעיות שסבלו נזכיר את טלסקופ החלל, שאמור היה להמריא ב-1986, חללית גלילאו למערכת ירחיו של צדק, לוויין גרמני-בריטי-אמריקאי בשם רוטאט (ROSAT) שאמור היה לשמש לתצפיות בקרני X, לווייני תקשורת רבים, ביניהם כאלו החיוניים לפעולת טלסקופ החלל (TDRSS - TRACKING AND DATA RELAY SATELLITES) ועוד. לזה צריך להוסיף את לווייני הריגול הגדולים, אותם אין דרך לשגר בלעדי המעבורת. נקווה ש-NASA תצליח במהרה להתגבר על ליקויי המעבורת ותחדש את טיסותיה



ניסויים מדעיים בחלל במטענים קטנים.

במאמרים הקודמים תארנו בקצרה את מאמץ חקר החלל של ארה"ב והצגנו מעט את יכולתה של מעבורת החלל. כאן נתרכז בפרוט היכולת לטפל במטענים מדעיים קטני מימדים יחסית, המנצלים את היכולת היתרה של המעבורת להעלות מטענים למסלול לווייני נמוך.

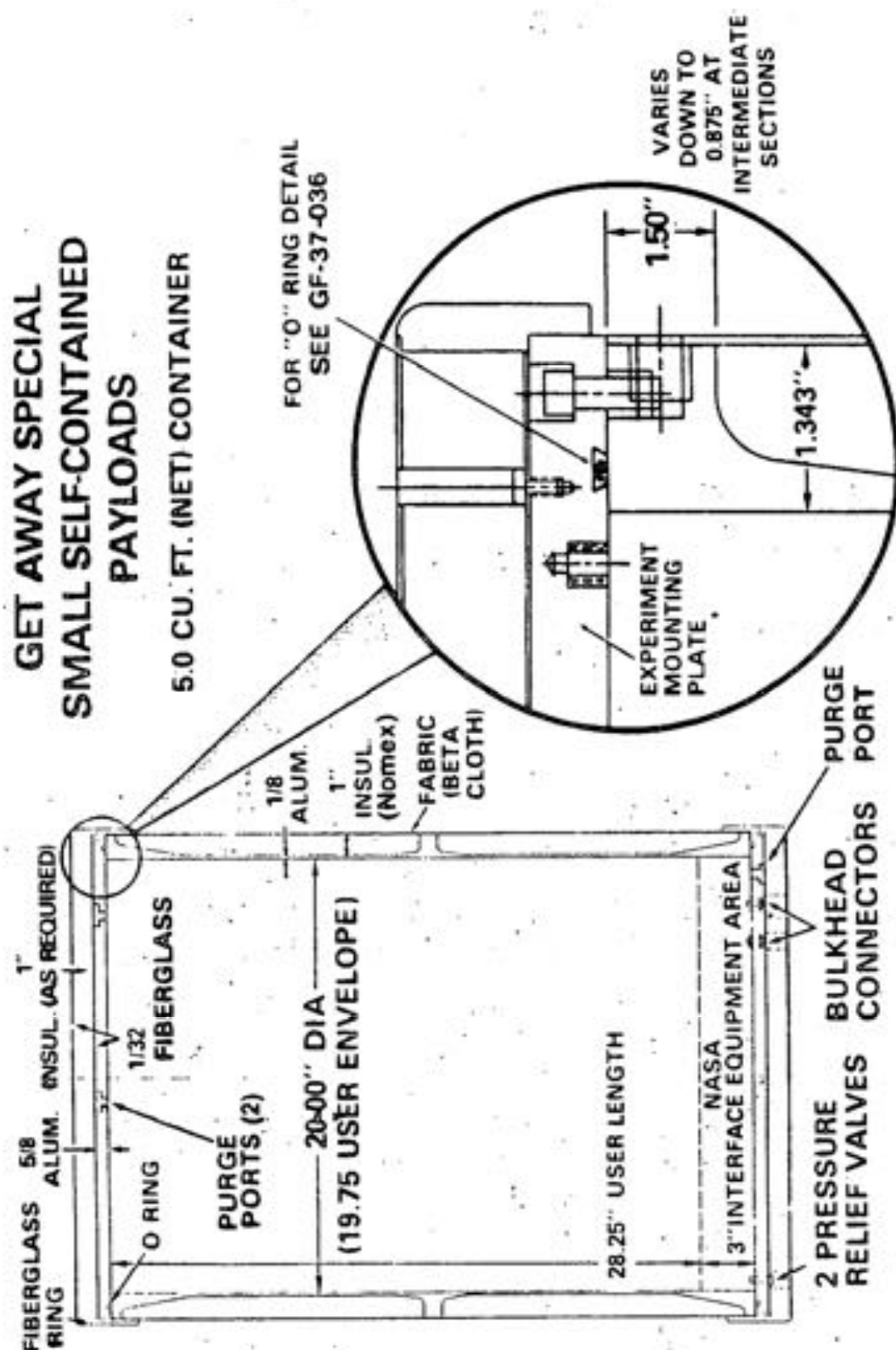
קשה לאמוד את עלות הטיסה של המעבורת. נאמר במאמר קודם שעלות התכנית למשלם המסים האמריקאי היא כ-8000 מיליוני דולר. במחיר זה קנו האמריקאים ארבע חלליות שלמות, שכל אחת מהן מתוכננת לכ-100 טיסות. מכאן שעלות טיסה אחת צריך להיות כ-20 מיליוני דולר. כאן לא לקחנו בחשבון את עלות השיגור עצמו, הכולל שיפוץ תא החלל עצמו ושיפוץ ומילוי טילי ההאצה, בניית מיכל דלק חיצוני חדש ומילוי במימן וחמצן נוזליים, הרכבת החללית על כן השיגור והעלות השיגור עצמו. לא נפריז אם נאמר ששיגור אחד עולה כ-60 מיליוני דולר.

מחיר זה גדול יחסית, אך אם חושבים על שיגור לווייני תקשורת, שמסתם כמה טון בלבד בעוד שמחירם כמה מאות מיליוני דולר, רואים כי המעבורת יכולה לכסות את עלות השיגור בלי לגבות מחיר שיגור מופרז מבעליו של לוויין תקשורת אחד או שניים. במקרה זה תא המטען של המעבורת מלא בין 60 ל-80 אחוז, כלומר יש חלק משמעותי של תא מטען שהינו ריק. על-פי חישובי NASA לגבי 12 השנים הראשונות של פעולת המעבורת, עלות השיגור מתכסה כאשר תא המטען מלא ב-75 אחוז. לכן יישאר בממוצע רבע מהקיבולת של המעבורת פנוי ברוב הטיסות. תכנית המטענים הקטנים של NASA נועדה לנצל יכולת זו כדי לאפשר הטסת מטענים קטנים בעלות נמוכה ביותר, תוך המנעות ממחן שירותים ומשאבים, כמו כוח חשמלי, תמיכת צוות והטלה.

תכנית המטענים הקטנים בנויה על שלשה מרכיבים, עם שינויים אפשריים ביניהם. ראשון המרכיבים הוא ניסוי בתוך תא האסטרונאוטים, בגודל של מגירה גדולה. ניסויי בניית הקנים על-ידי צרעות בתנאי חוסר משקל של הסוכנות הישראלית לניצול החלל אמורה לטוס בתצורה זו. להלן לא נרחיב יותר על אופן זה של ניסוי, כי אינו פתוח בקלות לכל דכפין.

אופן הניסוי השני הוא הזול והמקובל יותר, ומכונה בשפה עממית "חבילת המשא המיוחדת" - חמ"מ (GET AWAY SPECIAL), או בלשון הרשמית של NASA "מטען זעיר עצמאי" (SMALL SELF-CONTAINED PAYLOAD - SSCP). כאמור, המטרה המוצהרת של NASA בתכנית המטענים הקטנים, היא לעודד ניצול החלל על ידי גופים קטנים יחסית, כחברות מסחריות או מוסדות הוראה, או אפילו אנשים פרטיים. הרי לא יעלה על הדעת שאדם פרטי ישלם מכיסו עשרות מיליוני דולרים, או אפילו יותר, כדי להעלות למסלול סביב כדור הארץ מטען שאולי לא יעבוד כלל.

באמצעות החמ"מ אפשר לעשות זאת ב-3000 דולר בלבד. NASA דורשת מכל המשתמשים באופן הטסה זה להוכיח כי מטענם הוא למטרת מחקר ופיתוח של שלום (כלומר לא יאפשרו הכנסת פצצות וכו' בחמ"מ). לבסוף, כדי שסידור



המטענים בטיסות מעבורת החלל יהיה יעיל. בחרה NASA שלשה מיכלים סטנדרטיים בהם יוכנסו המטענים. לגדול ביניהם נפח של 5 רגל מעוקב ומטען יעיל של לכל היותר 200 ליברות (נפח של כ-138,000 סמ"ק או 0.138 מ"ק ומטען של כ-90 ק"ג). למיכלים המטיסים את החמ"מ צורה של חבית קטנה. החביות ולוח החיבור לגוף המעבורת מסופקים על ידי NASA.

נראה כעת איך האחריות על חלק זה של פעילות סוכנות החלל של ארה"ב מתחלקת. כעקרון, כל הפעילות הקשורה בחמ"מ מנוהלת על ידי המשרד להובלה בחלל (OFFICE OF SPACE TRANSPORTATION OPERATIONS), במרכז NASA. העבודה עצמה מתבצעת במרכזי השדה של NASA. למשל, הקשר עם מבצע הניסוי הוא דרך מרכז החלל בגודרד (GODDARD), שם מפתחים את כל החומרה לטיסות המסופקת על ידי NASA, כמו המיכלים עצמם, מוטות הקשירה שלהם לחללית וחיבת הפיקוד על המטענים שבידי האסטרונאוטים. התקנת המטענים בתוך המיכלים נעשית אף היא בגודרד, שם גם מפורק המטען לאחר הטיסה, לפני החזרתו למבצע הניסוי.

מרכז גודרד משמש גם כמתווך בין מטיס המטען למרכזים אחרים של NASA בקבלת שירותים לקראת הטיסה, כמו בדיקות בטיחות, התאמת דרישות הפעלה ותכנות הטיסה עצמה. התכנון של כל טיסות המעבורת נעשה במרכז החלל ע"ש ג'ונסון (JOHNSON SPACE CENTER) בטקסס. שם מתכננים את פעולות הצוות ויוצרים את לוח הזמנים של הטיסה, בו מפורטות כל הפעולות שעל הצוות לבצע. בין פעולות אלו יש גם פקודות הקשורות במטעני החמ"מ. במרכז ג'ונסון עוברים כל המטענים את הבדיקה הסופית בנושא בטיחות.

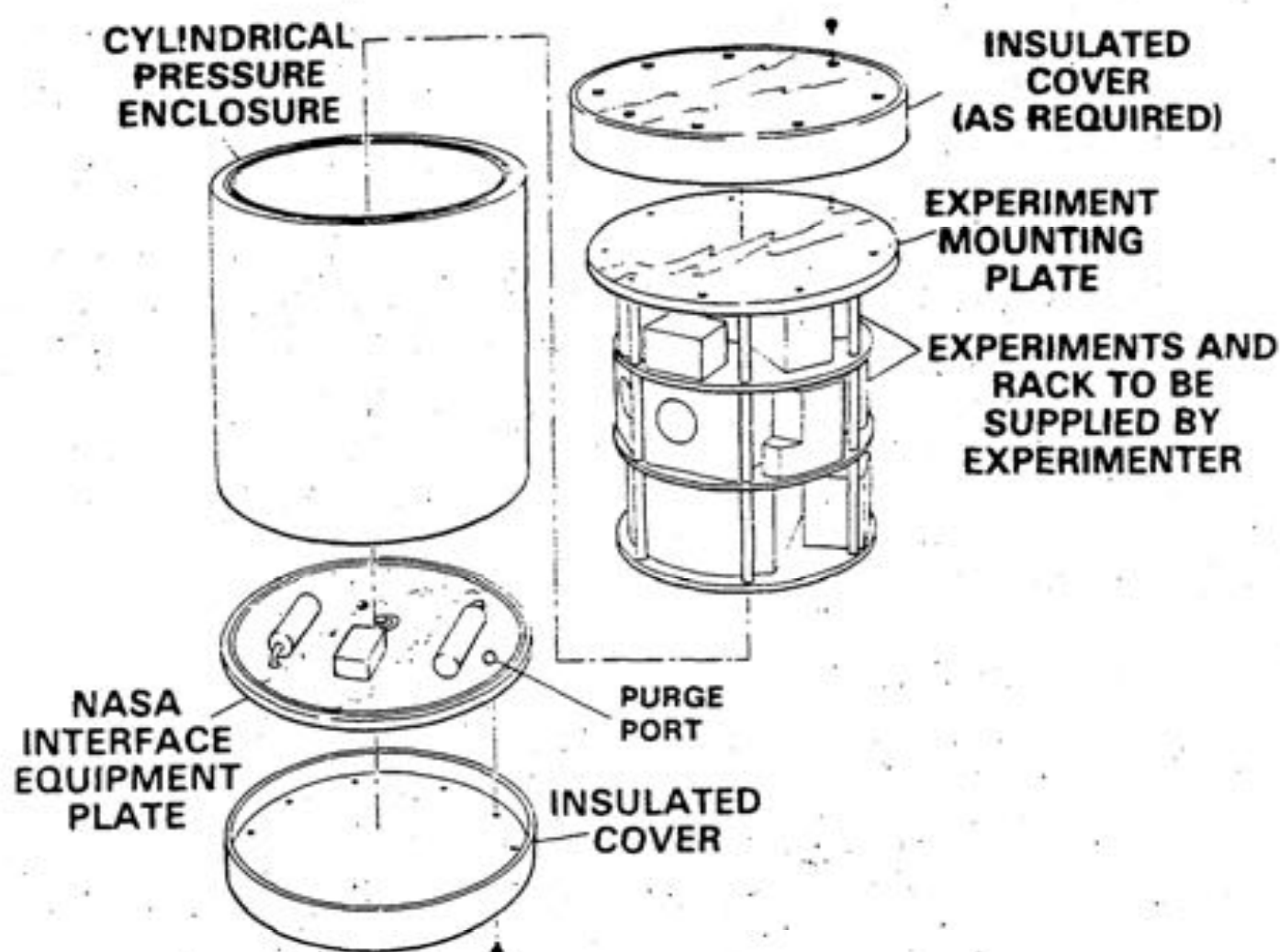
המקום הראשי ממנו משולחות המעבורות הוא מרכז החלל ע"ש קנדי בחוף המערבי של ארה"ב, בפלורידה. לשם נשלחים המטענים שעברו את כל הדרישות לקראת שיגור, כחודשיים לפני מועד הטיסה המתוכנן. כל הבדיקות של הרגע האחרון לפני הכנסת המיכלים לתא המטען של המעבורת נעשות באתר מיוחד במרכז קנדי. המרכז אחראי כאמור לשילוח עצמו, ולאחר הנחיתה, להוצאת החמ"מ מתוך המעבורת.

וכעת לתאור החמ"מ. מיכלי החמ"מ נבנים בשני גדלים, המיכל הגדול שנפחו הוגדר לעיל (0.138 מ"ק) ומיכל קטן במחצית. לשני המיכלים צורת גליל שקוטרו 50.17 ס"מ (19.75 אינצ'ס) אך הגבהים שונים. למיכל הגדול גובה של 71.75 ס"מ (28.25 אינצ'ס) ולקטן מחצית הגובה הזה. הדבר לא בדיוק נכון. המימדים שהבאתי כאן הם אלו של המטען האמור להכנס למיכל החמ"מ. בתכנון של NASA תוספת של כ-3 אינצ'ס בתחתית המיכל למערכת הזיווד אל החללית. מיכלי החמ"מ מצוידים בדפנות מבודדות ובמכסי אלומיניום עבים.

הניסוי שאמור להיות מוטס במיכל חמ"מ נבנה על לוח הרכבה המהווה את המכסה העליון של המיכל. חיבור הניסוי ללוח נעשה על ידי ברגים. מהנדסי NASA תכננו חורים עם הברגה מתאימה בלוח ההרכבה. לפני ההמראה, ממלאים את תא המטען ואת מיכלי החמ"מ בחנקן, כדי למנוע אפשרות של שריפה. מבחינתו של מטיס הניסוי, המטען שלו מורכב על גבי הלוח וצריך להיות נתמך בחלקו הרחוק יותר מלוח ההרכבה על ידי לפחות

שלוש תמיכות צד. התמיכות נוגעות בדפנות החיצוניות של המיכל, על כן עליהן להיות עמידות בשינויים קיצוניים של טמפרטורה.

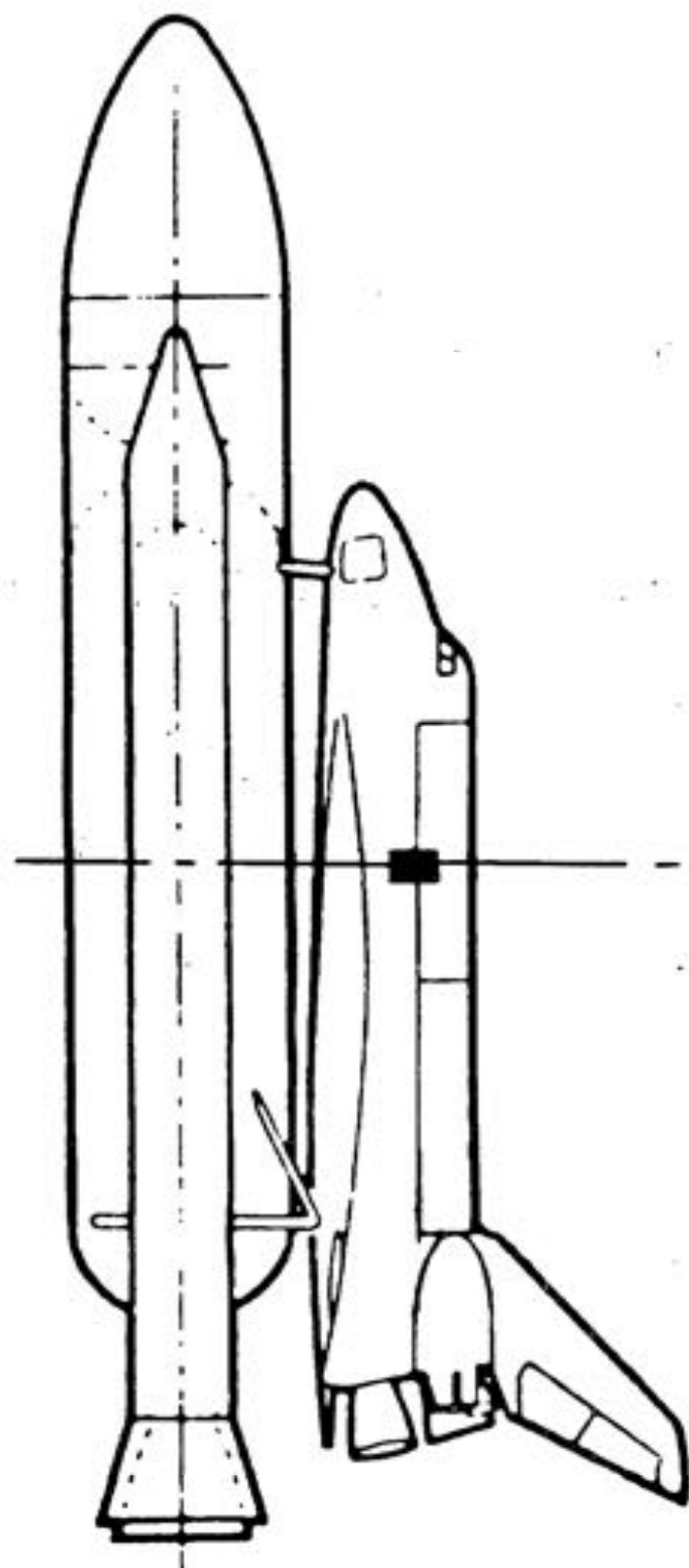
GET AWAY SPECIAL SMALL SELF-CONTAINED PAYLOADS CONTAINER CONCEPT



כעקרון, ציר האורך של מיכל החמ"מ אנכי או כמעט אנכי מעת הרכבתו בחללית ועד להרכבת המעבורת על מתקן השילוח, על גבי מיכל הדלק החיצוני. מרגע זה ציר האורך כמעט אופקי, כאשר המעבורת נמצאת על כן השיגור. לאחר נחיתת המעבורת, נהיה ציר האורך של המיכל שוב אנכי.

הטמפרטורה בתוך המיכל נקבעת על ידי מספר גורמים. הראשון מבין גורמים אלו הוא מסלול הטיסה של המעבורת. הטיסת המסלול ביחס למילקה קובעת את חלק המסלול שבאור השמש והחלק שבצל כדור הארץ. מאידך, זווית ההטיחה של המעבורת קובעת מתי אור השמש נכנס לתוך תא המטען ומתי "מסתכל" התא אל החלל או אל כדור הארץ. החלק העליון של תא המטען מבודד, בדרך כלל. אך יתכנו משימות בהן יידרש מכסה שקוף או מכסה נפתח; אילוצים אלה קובעים אף הם את טמפרטורת המטען.

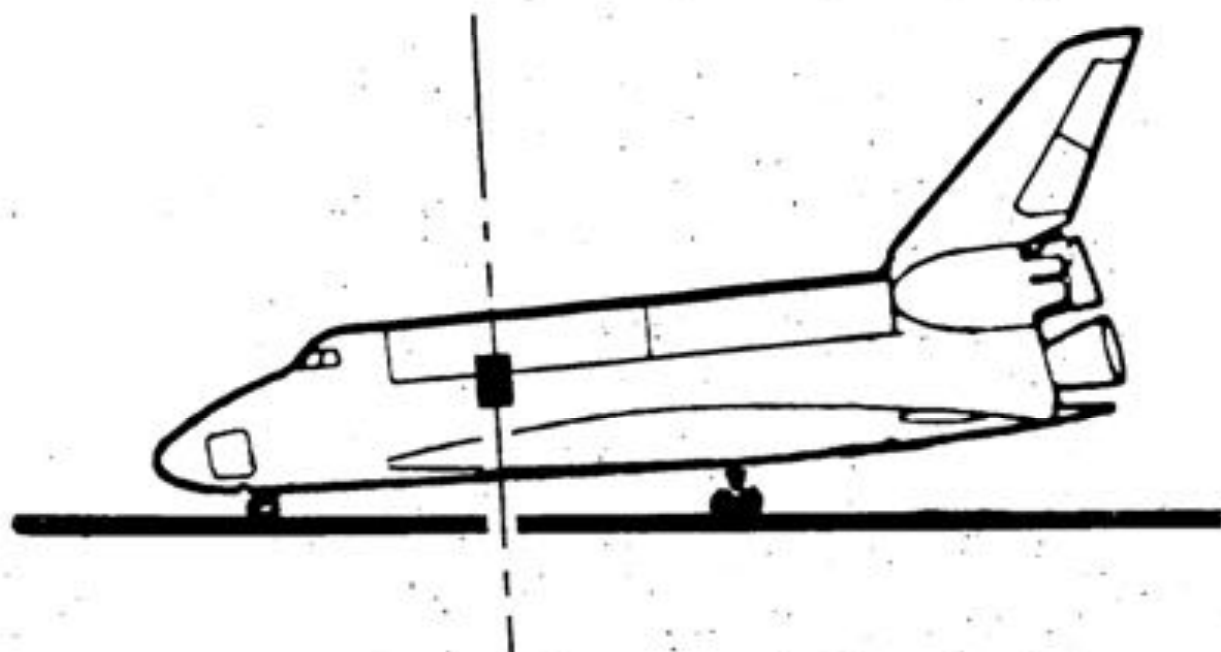
הניסוי המדעי עצמו, אם אינו סביל לחלוטין, כלומר אם אינו מנסה דברים לא פעילים בלבד, עשוי לפלוט חום. כדי לא לחמם את עצמו, המטען חייב לפלוט חום זה כלפי חוץ, אל משטח חיצוני של המיכל. העברת החום אל המשטח המקרר חייבת להיות מותאמת לחום הנפלט בתוך המיכל. אם לא כן, אזי הטמפרטורה הפנימית של המיכל חשתנה. ב-NASA נעשו חישובים על ההספקים הדרושים כדי לשמור על חום קבוע של 0 מעלות צלזיוס במיכל גדול מעל מטען מירבי בתנאי טיסה שונים. הספקים אלו אינם גדולים במיוחד, לכל יותר כ-10 ווט במסלול הטיסה ה"קר" ביותר. זהו מסלול בו המעבורת מפנה כל העת את פתחי תא המטען אל החלל ולא אל השמש.



ציור מס. 3 - המעבורת על כן השילוח

כעת על האלקטרוניקה. NASA מאפשרת התקשרות מסוימת בין

האסטרונאוטים במעבורת לבין המטען שבמיכל החמ"מ. התקשרות זו שוות-ערך לשלשה מפסקים: אחד מהם חייב להיות, על פי דרישות NASA, התקן המפסיק לחלוטין את כל הפעילות החשמלית בתוך מיכל החמ"מ. שני המפסקים האחרים יכולים להיות מתוכננים בניסוי, למשל כמשני סמפרטורה לגבוהה או נמוכה, או מהירות: מהיר/איטי. המערכת האלקטרונית בודקת את נכונות הפקודה הנשלחת לחמ"מ על ידי החזרת תשובה לבקר המוחזק ביד האסטרונאוט המפעיל. המבנה המיוחד של מפסקי תוכנה מאפשר מימד בטיחותי נוסף; אם לדוגמה קורה קצר במהלך הניסוי ומשכו יותר מ-2 שניות, מופסקת הפעילות החשמלית מאליה. המחשב המטפל במטענים מנסה לחדש את הכוח החשמלי כעבור 23 דקות. אם גם אז קיים הקצר, החשמל מופסק והמחשב מנסה להפעיל את המטען כל 46 דקות, או עד שמופסק המפסק "הפעל" מבין שלשת המפסקים.



ציור-מס. 4 - המעבורת בעת הרכבת המיכל ולאחר נחיתה

ענין מיוחד בהפעלת תכנית המטענים הקטנים על ידי NASA הוא ההיבט הבטיחותי. זה מודגש ביותר בספרות המסופקת לנסיין הפוטנציאלי. הסיבה לכך ברורה, הרי תקלה במיכל חמ"מ עלולה לסכן את כל המעבורת על צוותה. אחדים מגורמי הסיכון אינם נראים לעין, כמו למשל סוללות חשמל, העוללות לדלוף בתנאי חוסר לחץ חיצוני או במצבים מסויימים של הטייה, סכנת התפוצצות מהצטברות גזים במיכל החמ"מ, המצאות חומרים רעילים, רדיואקטיביים או מזהמים במיכל, וכו'.

וכעת לצד המעשי. אם החלטתם שברצונכם להטיס מטען במיכל חמ"מ, עליכם להתקשר אל סוכנות החלל של ארה"ב. רעיון טוב יהיה לערב לפני כן את הסוכנות הישראלית לניצול החלל שליד משרד המדע והפיתוח. בשלב זה תידרשו לשלם מקדמה של 500 דולר להוכחת רצינות כוונותיכם. דרך אגב, עלות ההטסה של המיכל היא נמוכה; כאמור מקודם המיכל הגדול ביותר עולה רק 10,000 דולר, בעוד שהמיכל הבינוני (מימדים קטנים אך מאסה

של 100 ליברות עולה 5000 דולר. המיכל הקטן ובו מסען של 60 ליברות בלבד עולה 3000 דולר בלבד. בחשלום זה נכללים 500 הדולרים של חשלום דמי-קדימה של ההזמנה.

מועד הקבלה של 500 הדולרים מכונה "יום ההזמנה". NASA משתמשת בחאריך זה כדי לקבוע את סדר הטסת המיכלים, על בסיס תור ההזמנות. כדי לשמור על התור, המשתמש חייב לחתום על הסכם השילוח עם NASA תוך 18 חודשים ממועד ההזמנה. בעת חתימת החוזה נדרש חשלום נוסף מדמי השילוח והמשתמש חייב להגדיר באופן גס את מסענו, מבחינת גודל ומשקל, מטרה ומועד שיגור מוקדם ביותר אפשרי.

לפחות 18 חודשים לפני מועד השיגור, נחתם נספח החוזה בו מפורט מידע נוסף לגבי המסען. בשלב זה יכולה NASA לקבוע כי המסען מהווה סיכון בריאותי או בטיחותי לציבור, ולסכם חוזה שילוח נוסף ונפרד עם המשתמש. בפרק הזמן בין חתימת החוזה לחתימת הנספח נמצא המשתמש בקשר עם מרכז החלל בגודרד כדי לבדוק איך משתלב המסען בטיסת המעבורת. לבסוף, נחתם נספח לחוזה השילוח גם עם גודרד.

מבחינת החשלום, מלבד 500 הדולרים של ההזמנה, נדרש המשתמש לשלם 10% מדמי השילוח עם חתימת החוזה, 40% נוספים עם חתימת הנספח והיתרה עם הגעת המסען לאתר השילוח. מועד השילוח נקבע כשנה לפני כן, כאשר NASA מודיעה למשתמשים על אפשרות השילוח ובודקת את מוכנותו של המסען.

לבסוף מילה אחת על המסענים עצמם, המאמר הבא יביא מספר דוגמאות למסענים שטסו ולכאלה שאושרו. מניתוח 293 הזמנות ראשונות מתברר כי 75% מקורם מארה"ב והיתר מכל ארצות העולם. 47% מהמסענים הם של תעשייה, תרופות, בדיקה חומרים וכו'. 27% מהמסענים באים ממוסדות השכלה והם נבנים על ידי תלמידים. מענין ש-90% ממסענים אלה מקורם בארה"ב. 17% מההזמנות הן של אנשים פרטיים, המוכנים לשלם כדי לבדוק המצאות ורעיונות בחלל. לבסוף, 9% של ההזמנות הן של מוסדות ממשלתיים בארה"ב. אם חברי האגודה חושבים על הטסת מסען בחמ"מ, הזמנתם תהיה אחת מתוך 3% ההזמנות של מוסדות השכלה מחוץ לארה"ב, כפי שמתקבל מהסטטיסטיקה.



.....

ה ב ה ר ה

בגליון הקודם של כל כוכבי אור נשמט בטעות שמו של כותב

המכתב למערכת - חיים מזר - ועמו הסליחה☆

המערכת

.....

גמ"ק אמצ"מ - הכוונה של מעמד משווני

לעתים קרובות נחקל החובב בקושי מסויים בכיוון הטלסקופ, או נכון יותר בכיוון מעמד הטלסקופ, כלפי הצפון השמימי. ידועות השיטות של הכוונה ראשונית אל כוכב הצפון ויצירת הסט קטן (פחות ממעלה) ממנו, ואף נבנו התקנים מסחריים הנצמדים למעמד קיים של הטלסקופ ומאפשרים את קביעת ההסט הנכון.

השיטה המתוארת כאן פשוטה לאין ערוך ואינה מצריכה הוצאה כספית נוספת. שיטה זו מכונה שיטת שני הכוכבים.

א. כווננו את הטלסקופ בערך לכיוון צפון, ועדכנו את גובה המעמד כך שהציר הקוטבי יפנה בגובה הנכון אל הצפון השמימי (זווית יחסית לאופק שווה לזווית הרוחב הגאוגרפי).

ב. בחרו כוכב בהיר קרוב למשווה השמימי, הנמצא בעת התצפית קרוב לאופק המזרחי. הפעילו את מנוע העקיבה כשהכוכב במרכז צלב העדשה ובצעו רק חיקונים בכיוון מזרח-מערב, כלומר על ציר העליה הישרה. שימו לב לאיזה כיוון "בורח" הכוכב. אם הבריחה היא כלפי דרום, אזי הציר הקוטבי נמוך מידי יחסית לצפון השמימי. אם הבריחה היא צפונה, הציר גבוה מידי. חקנו את גובה הציר עד שבמשך 10 דקות לא תובחן בריחה.

ג. בחרו כעת כוכב בהיר ליד המשווה השמימי הנמצא קרוב לצהירה, כלומר כמעט עובר את קו המצאה (MERIDIAN). שוב הפעילו את ההנעה וחקנו את בריחת הכוכב רק בכיוון העליה הישרה, כפי שעשיתם קודם בסעיף ב'. שימו לב לאיזה כיוון בורח הכוכב. אם הבריחה היא דרומה, פירוש הדבר שהציר הקוטבי מצוי מזרחית מידי ביחס לצפון השמימי. אם הבריחה היא צפונה, הציר מצוי מערבית מידי. חקנו כעת את אזימוט הציר עד שהכוכב אינו בורח משמעותית בכיוון הנטיה ב-10 דקות עקיבה.

ד. חזרו על סעיפים ב' ו-ג' עד שלא מבחינים יותר בבריחה גם בעליה ישרה וגם בנטיה.

הקושי בשיטה היא איך למצא את המזרח והמערב בעינית, כדי לדעת להיכן ברח הכוכב ולאיזה כיוון צריך לתקן את ציר המעמד. כותב המאמר, BARRY GORDON, מציע את השיטה הפרטית שלו. לפיה הוא זוכר את ה"חרוזים":

EAST IS FOR ALTITUDE
MERIDIAN IS FOR AZIMUTH

המסביר לצורך איזו הכוונה נבחר, הכוכב, וגם:

ALTITUDE IS EASY
AZIMUTH IS MAD

המפתח הוא שתיקונים בצירי הטלסקופ מביאים את הכוכב למקום אחר בתוך העינית. התיקון בגובה (ALTITUDE) הוא קל, כיוון שהוא מביא את הכוכב קרוב יותר למרכז השדה. התיקון באזימוט הוא "משוגע" כי הוא גורם לכוכב להתרחק יותר ממרכז השדה, לכיוון אליו הוא ברח. לכן המחבר מציע את השיטה המקוצרת הבאה:

1א. בחרו כוכב בהיר ליד המשווה וליד האופק המזרחי, אך לא פחות מ-5 מעלות מעל לאופק. בדקו לאיזה כיוון של נטיה הוא בורח ותקנו את גובה ציר הטלסקופ כדי להחזיר את הכוכב אל מרכז השדה. עשו זאת בצעדים קטנים עד אשר לא תבחינו יותר בבריחת הכוכב.

1ב. בחרו כעת כוכב בהיר ליד המשווה, שנמצא קרוב למצהר. עקבו אחריו תוך ביצוע תיקונים בעליה ישרה בלבד. נסו למצא להיכן הוא בורח בכיוון הנטיה. שנו כעת את אזימוט המעמד כך שהכוכב יתרחק עוד יותר ממרכז השדה. עשו גם פעולה זאת בצעדים קטנים עד שלא תבחינו בתזוזה.

1ג. חזרו על ההכונה של האזימוט אם שניתם את הגובה ולהיפך.

לסיכום, כדאי לזכור את השיטה על פי הסימנים גמ"ק (גובה, מזרח, קל) אמצ"מ (אזימוט, מצהר, משוגע). בניגוד להגדת פסח, כאן כל אחד יכול "לחת בהם סימנים" כדי לזכור טוב יותר מה והיכן



בהצלחה לצופים !

על פי SKY & TELESCOPE מאפריל 1987



פינת החובב

מאת יגאל פתאל

בפינת החודש נתמקד בשני נושאים:

- סקירה של קבוצת תאומים.
- מבוא לתצפיות בכוכבים משתנים.

התצפית בכוכבים משתנים היא אחת הפעילויות הנפוצות בקרב אסטרונומים חובבים, העוסקים בפעילות סדירה. בנוסף לצילום האסטרונומי, הצפייה בכוכבים משתנים מניבה פירות וגורמת לסיפוק רב. אסטרונומים מקצועיים מנועים מפעילות זו, מאחר וזמני תצפית במצפים גדולים ניתנים במשורה ואין הם יכולים להרשות לעצמם את ה"לוקוס" במדידת השתנויות של כוכבים, משימה הדורשת זמן רב וצפייה סדירה. מאידך, אופן ההשתנות של הכוכבים עשוי ללמד רבות על מבנם והתפתחותם.

בנקודה זו נכנסים האסטרונומים החובבים לפעולה. התצפית בכוכב משתנה דורשת הקדשה של מספר דקות בערב ואינה דורשת מיומנות מיוחדת. המעקב אחר כוכב משתנה הינו פעילות השווה לכל נפש וחובבים הרוצים לעסוק בכך ימצאו שזו פעילות מעניינת ולעיתים אף בעלת חשיבות מדעית.

ניתן לחלק את הכוכבים המשתנים לשני סוגים:

1. כוכבים שהשינוי בהירותם קטן ביותר, בסדר גודל של רבע דרגה בהירות או פחות. בדרך כלל, אלו גם הכוכבים בעלי זמן מחזור קצר יותר. מדידת שינויים בכוכבים אלו מצריכה שימוש במיכשור רגיש, מאחר והעין אינה מודדת ביעילות הבדלי בהירות הקטנים מעשירית הדרגה. למרות שכיום קיימים בשוק פוטומטרים זולים, המיועדים בעיקר לחובבים, לא נתעסק בכוכבים מסוג זה.

2. כוכבים בעלי השינויים הגדולים בהירות. עליהם נמנים המשתנים הפועמים (PULSATING STARS) וכן המשתנים ארוכי המחזור ובעלי המחזור הסדיר למחצה שזמן מחזורם עשוי להגיע לעשרות ומאות ימים, והשינויים בהירות מגיעים לעיתים ליותר מעשר דרגות.

בשלב ראשון נעסוק בסוג השני של הכוכבים המשתנים. בכל חוברת אקדיש פינה לכוכב משתנה אחר. צופים המעוניינים לצפות בכוכב מסויים יכולים לפנות אלי ולקבל כל חומר העשוי לסייע להם. מאחר ורוב הקוראים אינם בעלי טלסקופים, נתחיל בתצפיות על משתנים הניתנים למדידה בעזרת משקפת בלבד. לפני כן יש להגדיר מספר כללים לתצפית בכוכבים משתנים:

1. על הצופה להתמיד בתצפית. אין להחסיר תצפיות.

2. המרווחים בין תצפית אחת לשנייה חייבים להיות קבועים. לכן, יש לבחור מראש שעה מסויימת בערב שאנו משריינים לצורך התצפית.

3. רצוי להשתמש להשוואה ביותר מכוכב השוואה אחד.

4. רצוי לערוך בערב אחד שתי תצפיות במרווח זמן מסויים ולרשום את הממוצע. במידה ויש הפרש גדול בין התצפיות יש לערוך תצפית שלישית. לחילופין, רצוי לערוך שתי תצפיות בלתי תלויות על ידי שני צופים. כלל חשוב - לא לגלות לצופה השני מה הבהירות שהגעת אליה כדי שהתצפית שלו לא תהיה משוחדת. זו גם הסיבה שתצפיות על ידי שני צופים יעילות משתי תצפיות על ידי צופה אחד שזוכר, לאחר התצפית הראשונה, מה צריכה להיות הבהירות של הכוכב...

5. יש להקפיד על הרישומים. בנוסף לבהירות יש לרשום את התאריך המדויק, רצוי בדיוק של שניות, מזג האוויר, כוכבי השוואה, מצב הירח. אם יש שתי תצפיות יש לרשום את התוצאה של שתיהן.

6. רצוי לא להציץ בעקומת הבהירות של הכוכב לפני התצפית. ככלל, רצוי לא להעלות את התצפיות על גרף אלא רק לאחר פרקי זמן ארוכים וזאת על מנת שלא נהיה משוחדים, פסיכולוגית, וניקבע את הבהירות על פי הצורה החזוייה של עקומת הבהירות.

7. את ההשוואה בבהירויות רצוי לעשות על ידי הוצאת הכוכבים מחוץ למיקוד בצורה שנקבל דיסקיות. לכוכב בהיר יותר נקבל דיסקית גדולה יותר. קל יותר להשוות בין גדלים של דיסקיות מאשר דמויות נקודתיות.

(ניתן להיעזר גם ברשימות על התצפית בכוכבים משתנים בחוברת 1987/4)

הכוכב אותו בחרתי ככוכב המשתנה הראשון שנצפה עליו הוא - U בקבוצת אוריון. כוכב זה הוא משתנה ארוך מועד מטיפוס מירה (O Ceti). הכוכב קל מאוד לזיהוי, ולחובב הרוצה לצפות בו מצורפות שתי מפות. האחת, מפה הכללית של איזור תאומים, למציאה גסה של האיזור, והשנייה היא שדה הראיה המכיל את הכוכב U ORI וכוכבי ההשוואה.

כוכבי ההשוואה מצויינים באותיות לוועזיות, כאשר בתחתית השדה רשומה הבהירות של כל כוכב. גם הבהירויות של שני הכוכבים הבהירים בשדה - 54 ו- 57 באוריון מצויינות. על החובב להשוות את בהירות הכוכב עם כוכבי ההשוואה הנמצאים קרוב אליו ומקלים בכך על העבודה.

קודם להשוואות, על החובב להיות בטוח שזיהה את כל הכוכבים המופיעים בשדה. בהתאם למגבלות המכשיר שבידיו, וכן שזיהה את הכוכב U ORI בעצמו. רצוי לערוך שרטוט של שדה הראיה, כפי שנראה מבעד לטלסקופ, ולהשוותו לתיאור השדה המופיע בחוברת. הכוכבים החיוורים בתיאור הם בבהירות 15. גם חובבים המצויינים במשקפות שמפתחן לפחות 50 מ"מ יכולים לצפות בכוכב בתנאי שיש להם חצובה למשקפת. או, לחלופין, להשעין את המשקפת על דבר יציב, כגון מעקה.

בהירותו של הכוכב במקסימום עשוייה להגיע ל- 4.8, כלומר, הכוכב ייצפה גם בעין בלתי מזויינת. במינימום, הכוכב יורד לבהירות 12.6

שהיא עדיין בטווח טלסקופים של "6. זמן המחזור של הכוכב הוא 373.40 יום, והעליה ממינימום למקסימום אורכת כ-142 יום. הכוכב מציג דרג ספקטרי של M6 III E, כלומר, ענק אדום עם קווי פליטה. קוים חזקים בספקטרום של הכוכב הם קווי פליטה של מימן לצד קווי בליעה חזקים של תחמוצת הטיטניום.

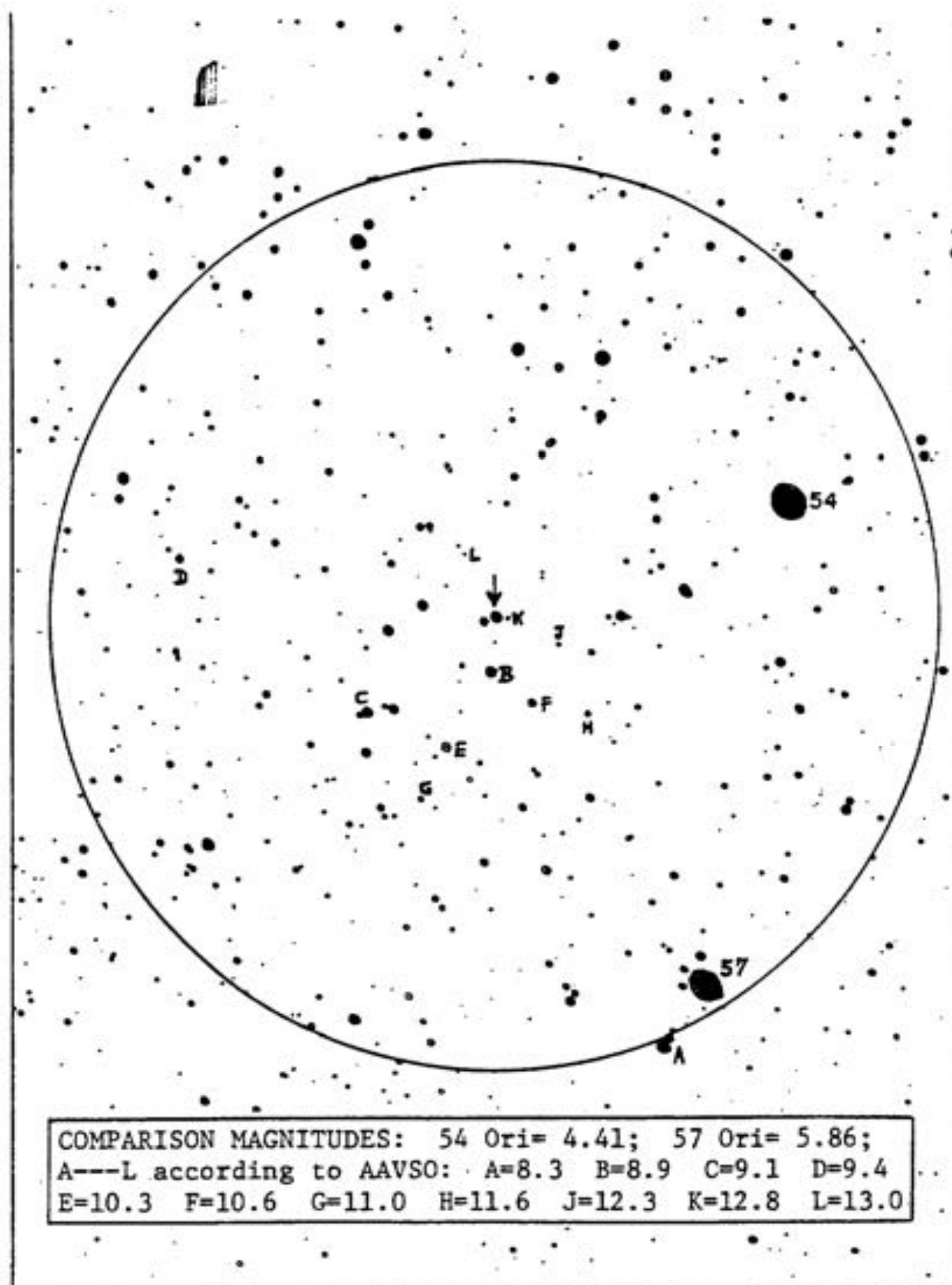
השתנותו של הכוכב נובעת מכניסתו לאיזור הענקים האדומים. למעשה, הכוכב נמצא בסוף הדרך מהסדרה הראשית והוא נמצא בשיא גודלו, כאשר בגרעין מתבצע עדיין היתוך המימן להליום ונוצר אפר הליום במרכז הגרעין. בשלב זה, הלחץ על גרעין ההליום רב מאוד והוא אינו יציב. כנראה, ששינויי הבהירות בכוכב הם תוצאה של אי היציבות בגרעין.

הפעילות של הכוכב נגרמות מגלי הלם שמקורם בגרעין, להבדיל מפעילות של קפאידים הנגרמות כתוצאה ממבנה השכבה החיצונית של הכוכב. (ראה גם להלן). רק לאחר שגרעין ההליום קורס וניצת ב"הבזק ההליום", הכוכב קטן, מתקרב שוב לאיזור הסדרה הראשית ובגרעינו בוער הליום מוקף שכבה, שבה ממשיך תהליך היתוך הפחמן.

רשימת אובייקטים

NGC	RA	DEC	TYPE	D	M
2129	06 01	+23 18	CL	7'	6.7
IC2156-7	06 05	10 26	CL	7	8.4
2158	06 08	24 00	CL	5	8.4
2168 M35	06 09	24 20	CL	28	5.1
2174-5	06 10	20 19	CL+NEB	18	6.8
IC443	06 17	17 59	NEB	15/4	
2266	06 43	26 58	CL	7	9.5 PG
2339	07 08	15 10	GL	2.8/2.1	11.6
2392	07 29	20 55	PL	13/44"	9.9 PG
2420	07 39	21 34	CL	10	8.3

(תיקון: בחוברת 4/1987 עמוד 138 פסקה 5 כתוב: אפשר לחכות שעתיים שלוש ולצפות בצבירים M13 ו-M92 בהרקולס. הכוונה היא - להקדים. אך מאחר ובעת הופעת החוברת, קבוצת נבל שוקעת בתחילת הערב, משפט זה אינו רלוונטי).



U ORIONIS. Identification chart made from a 13-inch camera plate at Lowell Observatory. The circle is 1° in diameter with north at the top. Stars to about 15th magnitude are shown.

קבוצת החודש

קבוצת החודש תהיה קבוצת תאומים - GEMINI. שמה של הקבוצה בא לה על שום המצאותם של שני כוכבים בהירים - קאסטור ופולוקס, שבהירותם כמעט שווה, בצלעו המזרחית של מלבן מאורך.

על פי האגדה, היו קאסטור ופולוקס שני תאומים שהגנו על יורדי הים מפני סערות ופגעי הטבע. גם על פי האגדה הרומאית והערבית, היו קאסטור ופולוקס מזוהים עם תאומים, למרות שיש מספר אגדות המזהות אותם עם אפולו והרקולס, הנחה המבוססת על מפות עתיקות. גם מפות בבליות עתיקות מתארות אותם כ"תאומים הכבירים". המיתולוגיה ההודית, לעומת זאת, קוראת לקאסטור ופולוקס - הפרשים. יש לציין שעל פי המיתולוגיה היוונית היה קאסטור פרש בעוד שפולוקס היה מתאגרף.

קאסטור - α בתאומים, הוא הכוכב הצפוני בין השניים, כאשר הוא מעט פחות בהיר מפולוקס הנמצא $4 \frac{1}{2}$ מעלות דרומית לו. בהירותו של קסטור 1.59 והוא כוכב סדרה ראשית מטיפוס A1 V. קאסטור הוא למעשה מערכת של שלוש מערכות בינאריות, כלאמר, סך הכל ששה כוכבים המהווים מערכת אחת. הרכיב הראשון, הקרוי A, בהירותו 1.9 ומורכב משני כוכבים שמסתם 1.5 מסות שמש, כל אחד, ושניהם מטיפוס ספקטרלי A0. מרחקם זה מזה כ- 7 מיליון ק"מ - פחות מחמשה קוטר שמש. הרכיב השני - B בהירותו 2.85 והוא מורכב משני כוכבי סדרה ראשית מטיפוס A5. מסת כל אחת מהכוכבים כמסת שמש אחת ומרחקם כ- 5 מיליון ק"מ. המרחק הזוויתי בין A ל-B נע בין 1.8" ל- 6.5" במחזור של 380 שנה. המרחק הקטן של 1.8" היה ב- 1968 ומאז גדל בהתמדה. המרחק האמיתי בין שתי המערכות נע בין 55 ל- 90 יחידות אסטרונומיות.

כ- 72" מהזוג AB נמצא זוג נוסף - C. זוג זה מורכב משני ננסים אדומים מטיפוס M1, מסתם כחצי מסת שמש האחד, והם סובבים במסלול בזמן מחזור של 19 שעות. המרחק בין שני הננסים האדומים הוא 2 מיליון ק"מ, מעט יותר מקוטר השמש, ומרחקם מהמערכת AB כ- 1000 יחידות אסטרונומיות. הצמד C מקיף את הצמדים AB בזמן של 10,000 שנים בערך. בנוסף לזאת, מהווים הצמד C כפול לוקה המכונה גם $\gamma\gamma$ GEMINORUM. שני הרכיבים מסתירים זה את זה תוך כדי סיבובם במסלול, שכמעט אינו נטוי למישור הראיה, ובהירות הצמד משתנה מ- 8.8 ל- 9.6. מרחק כל המערכת של קאסטור 45 שנות אור מהשמש.

פולוקס - β בתאומים הוא מעט בהיר יותר מקאסטור. בהירותו 1.16 והוא ענק כתום מטיפוס K0 III. פולוקס קרוב למערכת השמש יותר מאשר קאסטור ומרחקו 35 שנות אור, מכאן, בהירותו המוחלשת זהה, כמעט, לבהירותו הנראית. ניתן להשוות בין צבעו הכתום של פולוקס ללבן - תכול של קאסטור.

ξ תאומים. כוכב משתנה מטיפוס קפאיד. שמו - מקבודה, ומרחקו 1500 שנות אור. כוכב זה הינו כוכב קלאסי למדידה על ידי חובבים מאחר וטווח ההשתנות שלו נע בין 3.66 ל- 4.16 בזמן מחזור של 10.1508 ימים. השתנותו של הכוכב היא גם השתנות פיזית של הכוכב

עצמו. הכוכב פועם בשל שינויים בצורת העברת החום מפנים הכוכב החוצה. כשהכוכב נמצא במקסימום הבהירות הוא נמצא גם בשיא ההתפשטות שלו, אך מאחר ומקסימום ההארה שלו לא נובע מגידול שטח המעטפת בלבד, כתוצאה מהתפשטותו, אלא גם מבריחה מוגברת של קרינה אל פני השטח, טמפרטורת הכוכב עולה (הטמפרטורה האפקטיבית, של פני השטח), והכוכב נמצא אז בדרג ספקטרלי F7 I. כאשר הכוכב במינימום הוא מתכווץ, שטח פניו קטן, אך חלק ניכר מהאנרגיה המגיעה מהגרעין כלואה מתחת לפני השטח ולפיכך פני הכוכב מתקררים. במינימום, הכוכב הוא בדרג ספקטרלי G3 I. בשני המצבים הכוכב הוא על ענק, אך מכיוון שהוא בהיר מאוד, ניתן להבחין גם בשינויי הצבע שלו.

צורת עקומת האור של ζ תאומים היא סימטרית, כלומר משך הזמן בין מינימום למקסימום שווה למשך הזמן שבין מקסימום למינימום. אצל קפאידים נורמליים, העלייה ממינימום למקסימום ארוכה מהירידה חזרה למינימום. במפה המצורפת, מסומנים כוכבי השוואה עד עשירית דרגת הבהירות. אשמח לפרסם עקומות אור שישלחו למערכת על ידי הקוראים.

η תאומים. שמו של כוכב זה - פרופוס, והוא כוכב כפול קשה מאוד, וכן משתנה ארוך מחזור. הכוכב הראשי הינו כוכב משתנה בבהירות ממוצעת של 3.3 ושכנו הוא כוכב בבהירות 8.8 מטיפוס ספקטרלי G8 IV, הנמצא במרחק הנע בין 1.0" ל- 1.4" בלבד. קשה להפריד בין בני הזוג במפתחים מתחת ל- 8".

הכוכב הראשי הוא משתנה מחזורי למחצה מטיפוס ענק אדום M3 III. הכוכב משתנה בין הבהירויות 3.2 ל- 3.9 במחזוריות של 232.9 ימים. זמן העליה ממינימום למקסימום הוא 12 יום בלבד! ניתן להשתמש במפה למדידת שינויי הבהירות של תאומים. גם תוצאות מדידה של תאומים יתקבלו בברכה.

האובייקט הראשון בו נתחיל את סיורנו הפעם הוא הצביר הפתוח M35 (NGC2168). צביר זה נחשב לאחד מצבירי הכוכבים היפים והעשירים שיש בשמיים. לאיתורו, יש לנוע לאורך הצלע הצפונית של מלבן התאומים (מקאסטור לכיוון מערב). M35 נמצא כמעלה וחצי צפון מזרחית לכוכב הקיצוני של ה"רגל". הצביר משתרע על חצי מעלה (כקוטרו של ירח מלא) ומכיל כ-200 כוכבים מבהירות 8.2. המראה של עשרות הכוכבים הפזורים בצביר מרהיב, ניתן לראות עשרות בודדות של כוכבים עד בהירות 10 על רקע עשרות כוכבים חיוורים יותר. הצביר נראה ככתם חיוור בעין וקל לזיהוי במשקפת שדה. בטלסקופים קצרי מוקד, בעלי שדה רחב, מתקבל המראה היפה ביותר.

בקצהו הדרום מערבי של M35 נמצא צביר פתוח נוסף - NGC2158. צביר זה חיוור וקטן יותר משכנו המרשים. בשל גודלו הזוויתי הקטן - 5 דק. ובהירותו הנמוכה - 8.6 קשה להבחין בצביר אלא בטלסקופים במפתחים הגדולים מ- 6", גם בהם יראה הצביר ככתם ערפילי. רק בטלסקופים מעל 8" ניתן להבחין בכוכבים בודדים. בהשוואה לגיל הצעיר - 110 מיליון שנים של M35, מוערך גילו של NGC2158 ב- 3.2 מיליארד שנים. צביר זה עשיר בעל - ענקים אדומים החסרים ב-M35.

כמעלה מערבה ל-M35 נמצא הצביר IC2156-7. צביר זה חיוור מאוד אך קל יותר להפרידו מ-NGC2158. גודלו של הצביר 7 דק. והוא מונה 20 כוכבים בלבד מבהירות 11. מומלץ מ-4" ומעלה.

כחצי מעלה מערבה מ-1 תאומים נמצא הצביר NGC2129. גם גודלו של צביר זה 7 דק. אך הוא מכיל 40 כוכבים החל מבהירות 7.4. נראה ככתם גם בטלסקופים של 6" אם משתמשים בהגדלות קטנות.

4 מעלות מדרום ל-M35 נמצא הצביר הפתוח NGC2175. צביר זה בהיר מאוד, ומכיל 60 כוכבים החל מבהירות 7.6 בשדה של 18 דק. כך שהוא נראה גם במשקפת. בטלסקופים מעל 8" הכוכבים הבהירים נראים מחוץ למיקוד כיוון שהם מוקפים בערפילית (NGC2174).

כחצי מעלה מזרחה ל- ϵ תאומים, נמצאת הערפילית IC443. זוהי למעשה ערפילית שנוצרה מהתפוצצות סופרנובה והיא קשורה כנראה לפולסאר 0611+22. כדי לראות את הערפילית זו שהיא חיוורת מאוד יש להשתמש בטלסקופים במפתחים הגדולים מ-8" ובעלי יחס מוקד קצר.

2 מעלות צפונית לכוכב ϵ תאומים נמצא צביר הפתוח NGC2266. הצביר מונה כ-50 כוכבים החל מבהירות 11 בשדה של 7 דק. בלבד. צביר זה עשיר מאוד, ניתן לראותו גם במשקפת שדה ככתם ערפילי. בטלסקופים גדולים הצביר נראה מופרד לחלוטין ועשיר בעשרות כוכבים חיוורים.

כ-2 מעלות מזרחית לכוכב δ תאומים נמצאת שלישית כוכבים שבמרכזה הכוכב 63 תאומים. כוכב זה הינו כוכב כפול, המורכב משני כוכבים בבהירות 5.2 ו-9.4 ובמרחק 43". כמעלה דרומית ל-63 תאומים נמצאת הערפילית הפלנטרית NGC2392, המכונה ערפילית האסקימו או ערפילית הליצן, וזאת על שום דמיונה הרב לפני אדם. הערפילית בהירה מאוד - 9.9 PG ובהירות הכוכב המרכזי 10.47. למרות זאת, בשל גודלה הקטן של הערפילית - 13/44 שניות קשת, לא ניתן להבחין בכוכב המרכזי בטלסקופים קטנים, בהם הערפילית נראית בהירה מאוד, מזכירה בגודלה את כוכב הלכת שבתאי. בטלסקופים גדולים נראית הילה חיצונית בצורת טבעת המקנה לערפילית את צורת "כיסוי הראש של האסקימואי". בטלסקופים קטנים ניתן להבחין רק בחלקה המרכזי של הערפילית שגודלה 19", ואז היא תראה ככוכב קטן מחוץ למיקוד.

אם נעלה מ-NGC2392 חזרה לכוכב 63 תאומים, ונזוז בדיוק 1/4 2 מעלות מזרחה, נגיע לצביר פתוח, קומפקטי ועשיר - NGC2420. צביר זה מונה כ-100 כוכבים המצטופפים בשדה שגודלו 10 דק. כשהכוכב הבהיר ביותר בצביר הוא בבהירות 11.

מאחר ושמי החורף מציגים לנו את שביל החלב במלוא הדרו, נעים להביט מפעם לפעם בגלקסיה המזדמנת באזור. הגלקסיה היחידה בקבוצת תאומים המתאימה לתצפיות חובבים היא NGC2339. היא נמצאת 2 מעלות דרומית ל- γ תאומים ומעלה אחת מזרחה. גודלה הזוויתי 2.8/2.1 דק. ובהירותה 11.56. גלקסיה זו היא מטיפוס SC II-III כאשר היא נראית כמעט ממצט על ולה גרעין בהיר דמוי כוכב חיוור. מתאימה למפתחים מ-4" ומעלה ★

קבוצת תצפית בכוכבים משתנים

אחד העיסוקים המעניינים את האסטרונום החובב הוא צפיה בכוכב המשתנה את עצמת אורו. ידועה הדוגמה של אלגול (ALGOL) שנהיה חיוור ביותר מדרגת בהירות אחת לכחמש שעות, מדי קצת יותר מיומיים. יש ערך זעום בתצפיות בלתי מתואמות בכוכבים משתנים. מלבד ההנאה הרגעית, לא מפיק החובב שום תועלת מכך. פועל יוצא מכך הוא כי התצפית לא מביאה תועלת כלשהי למדע. לכן רצוי לתאם תצפיות ולארגן מספר חובבים המעוניינים באותו סוג של עצמים. קבוצה כזו זקוקה לעזרה מאסטרונומים מקצועיים, וזו עשויה להתקבל רק אם גם המקצועיים יפיקו תועלת כלשהי מתצפיות החובבים.

בעבר נעשה ניסיון להקים קבוצת התענינות בין חברי האגודה בנושא כוכבים משתנים. מסיבות אלו או אחרות הניסיון לא עלה יפה. מסתבר שלא מספיק לתת הדרכה איך לצפות במשתנים, ולצרף רשימה של עצמים מומלצים לצפיה. כדי לשמור על עניין הקבוצה מוצע כיום להתרכז בנושא בעל חשיבות מדעית גדולה, ולחבר את תצפיות החובבים לעניין המדעי על ידי התקשרות לאסטרונומים מקצועיים כדי לרכז את ההכוונה של כל הפרוייקט.

כידוע, הכוכבים המשתנים ניתנים לחלוקה לכמה קבוצות. אחד הסיווגים הוא על פי אופן ההשתנות שלהם - מחזורי, אקראי או כמעט מחזורי. אופן חלוקה אחר הוא על פי המנגנון הפיסיקאלי היוצר את השתנות האור. אנו מכירים משתנים קפאידים, כוכבים כפולים עם ליקוי, ועוד סוגים רבים. הכוכבים הנחקרים פחות ביותר הם המשתנים הכמעט מחזוריים בעלי זמן מחזור ארוך. עניין מיוחד ניתן למצוא בתת-הקבוצה של כוכבים אלה, כוכבים המכונים "סימביוטיים" עליה מרחיב את הדיבור כאן.

שם הקבוצה הוא תולדה של מחקר ספקטרוסקופי של אור הכוכבים הללו. ככלל, אור של כוכב מצביע ראשית על טמפרטורת פניו. ככל שזו נמוכה יותר, יופיעו קווים ספקטראליים של יסודות נייטרליים במקום קווים של אטומים מיוננים (שאיבדו אחד או יותר אלקטרונים). כאשר טמפרטורת הפנים נמוכה מאוד, מסדר גודל של כאלפיים מעלות או פחות, רואים בספקטרום חתימה של פרודות, כי אלו כבר אינן מתפרקות באטמוספירה הכוכב. לעומת זאת, אם טמפרטורת פני הכוכב גבוהה ואם האטמוספירה היא נרחבת, רואים בספקטרום הכוכב קווי פליטה, אלו קווים בהירים המתווספים לאור הרגיל של הכוכב.

כוכב סימביוטי הוא עצם המראה בו-זמנית סימנים של כוכב בעל טמפרטורת פנים נמוכה, כלומר קווי בליעה של יסודות נייטרליים או פרודות, וסימנים של כוכב בעל טמפרטורה גבוהה בצורת קווי פליטה. אין אפשרות פיסיקלית ידועה כיום ששתי החתימות ייווצרו באותו כוכב. הדרך המקובלת להסבר התופעה היא הנחה כי מדובר בזוג של כוכבים, כאשר אחד הוא כוכב קר, כמו ענק אדום למשל, ובן-זוגו הוא כוכב חם מטיפוס מוקדם, כוכב מסוג B או A, המסוגל לינון חלק ממעטפת הענק

האדום. ואמנם במספר מקרים ניתן לפרש את עקומת השתנות האור ממערכת של כוכב סימביוטי כתוצאת תנועת כוכב חם בתוך המעטפת של כוכב קר כענף אדום.

ייתכן כי היה אפשר לפרש יותר מערכות סימביוטיות על פי המודל הקודם. הצרה היא כי אין די נתונים פוטומטריים לגבי אופן השתנות עצמת האור. הסיבה לכך היא המחזור הארוך בזמן להשתנות המערכות, הדורש התמדה בצפייה למשך שנים אחדות, וחילוורות המערכות, המכתיבה שימוש בטלסקופ לא קטן לקבלת מידע משמעותי. אדגיש כאן כי לפי מיטב ידיעתנו היום, אין צורך בציוד מדידה מתוחכם; עין מאומנת מספיקה כדי להבטיח דיוק של לפחות רבע גודל. אם מדובר בצופה מנוסה, ניתן להגיע לדיוק של כעשירית גודל.

לאור העובדות שצינתי לעיל, ולאחר דיונים בועד האגודה ושיחות עם פרופ' ליבוביץ מנהל מצפה הכוכבים ע"ש וייז במצפה רמון, נראה לי כי קיימת אפשרות להקים קבוצת מעוניינים בכוכבים משתנים שתתרכז בצפייה במערכות של כוכבים סימביוטיים. עקב חיוורונן של המערכות, מוזמנים לפנות אלי חברים שברשותם טלסקופ בעל מפתח של 15 ס"מ ומעלה (6" או יותר), רצוי בעל מערכת הנעה ושעוני כיוון.

החברים המתכוונים לקחת חלק בפרוייקט זה צריכים לדעת שייראו את פירות המחקר רק כעבור כשלוש עד חמש שנים, לכן הם זקוקים לאורך נשימה. מצד שני, כיוון שהפרוייקט מעניין חלק מהאסטרונומים של אוניברסיטת תל אביב, מובטח לו ליווי צמוד עם סיוע פעיל לכל אורכו. בפרט, מובטחת השתלמות לחברים שיקחו חלק בו, בנושא הכוכבים הסימביוטיים אופן הצפייה בהם, על ידי אנשי מצפה הכוכבים של אוניברסיטת תל אביב.

שיטת הצפייה בכוכבים משתנים מסוג זה דומה לזו המקובלת בקרב חובבי האסטרונומיה ומכונה "שיטת ההשוואה של ארגלנדר (ARGELANDER)". בשיטה זו משווים בין בהירות הכוכב בו מעוניינים לבהירות שני כוכבים קרובים לו הנראים באותו שדה. תנאי הכרחי הוא שאחד מכוכבי ההשוואה יהיה בהיר מהכוכב המשתנה והשני חיוור ממנו. לשם השוואה מחלקים בדמיון את טווח הבהירות שבין שני כוכבי ההשוואה ל-10 דרגות וממקמים את הכוכב המשתנה במקום המתאים בסולם בין 10 הדרגות.

לדוגמה, נניח כי הכוכב המשתנה מסומן V ומשווים את בהירותו לזו של שני כוכבי השוואה A ו-B. על פי התצפית יכולים לרשום A7V3B ונבין מכך V ממוקם קרוב יותר ל-B מאשר ל-A, בסולם בהירות של 10 דרגות. אם נראה לנו כי V בדיוק באמצע בין A ל-B' נרשום A5V5B. לעומת זאת, אם V כמעט בבהירות של A אך נראה בכל זאת טיפה חיוור ממנו, נוכל לרשום A1V9B.

בתצפית אחת משווים את הכוכב המשתנה לכמה זוגות של כוכבי השוואה. מניחים כי בהירות כוכבי ההשוואה ידועה, לכן ניתן בקלות למצוא את בהירות הכוכב המשתנה ולממצע את כל ההערכות של אותו לילה (כי הרי מדובר במשתנה בעל מחזור ארוך מאוד!).

איך מתקדמים מכאן? חושבים, ואם יש ענין כותבים אלי -

הכתובת: דר' נח ברוש
מצפה הכוכבים
אוניברסיטת תל אביב
תל אביב 69978.

במכתב עליכם לציין שם, גיל, כתובת ומספר טלפון וכן את סוג הטלסקופ שבו תשתמשו. על פי מספר הפונים אנו נחליט אם בכלל כדאי להתחיל במבצע. צריך להבין כי חייב להיות מינימום של צופים היכולים להתחייב להתמיד בתצפית למשך שנים, כדי שנפתח בהשתלמות. אם נחליט כי המבצע כדאי, נזמן את כל המשתתפים ליום עיון באוניברסיטת תל אביב.

במקביל, אנו נכין מפות שמיים לכל הכוכבים הסימביוטיים במדגם המחקר. נציין במפות שמיים אלו את כוכבי ההשוואה ונמדוד בדיוק רב את בהירותם. שני הדברים האחרונים צורכים זמן טלסקופ במצפה רמון, לכן ביצועם יהיה רק אם ברור לנו מעל כל צל של ספק כי יש לנו קבוצת צופים רצינית.

אני מקווה כי אמנם כך הדבר. אולי בצורה זו נצליח לקרב יותר את חובבי האסטרונומיה למקצוענים שבשטח. אני מצפה למכתביכם



כתובת המערכת לקבלת מאמרים ומכתבים -

מערכת "כל כוכבי אור"

ח.ד. 149

גבעתיים 53101

המערכת רואה עצמה חופשית להשתמש בחומר הנשלח אליה כראות עיניה. אין המערכת המחזירה כתבי יד שנשלחו אליה, אלא לפי בקשה מפורשת.

מודעות המתפרסמות ב-"כל כוכבי אור" הן מטעם המפרסם ועל אחריותו בלבד.

מטענים לניסויי חלל קטנים

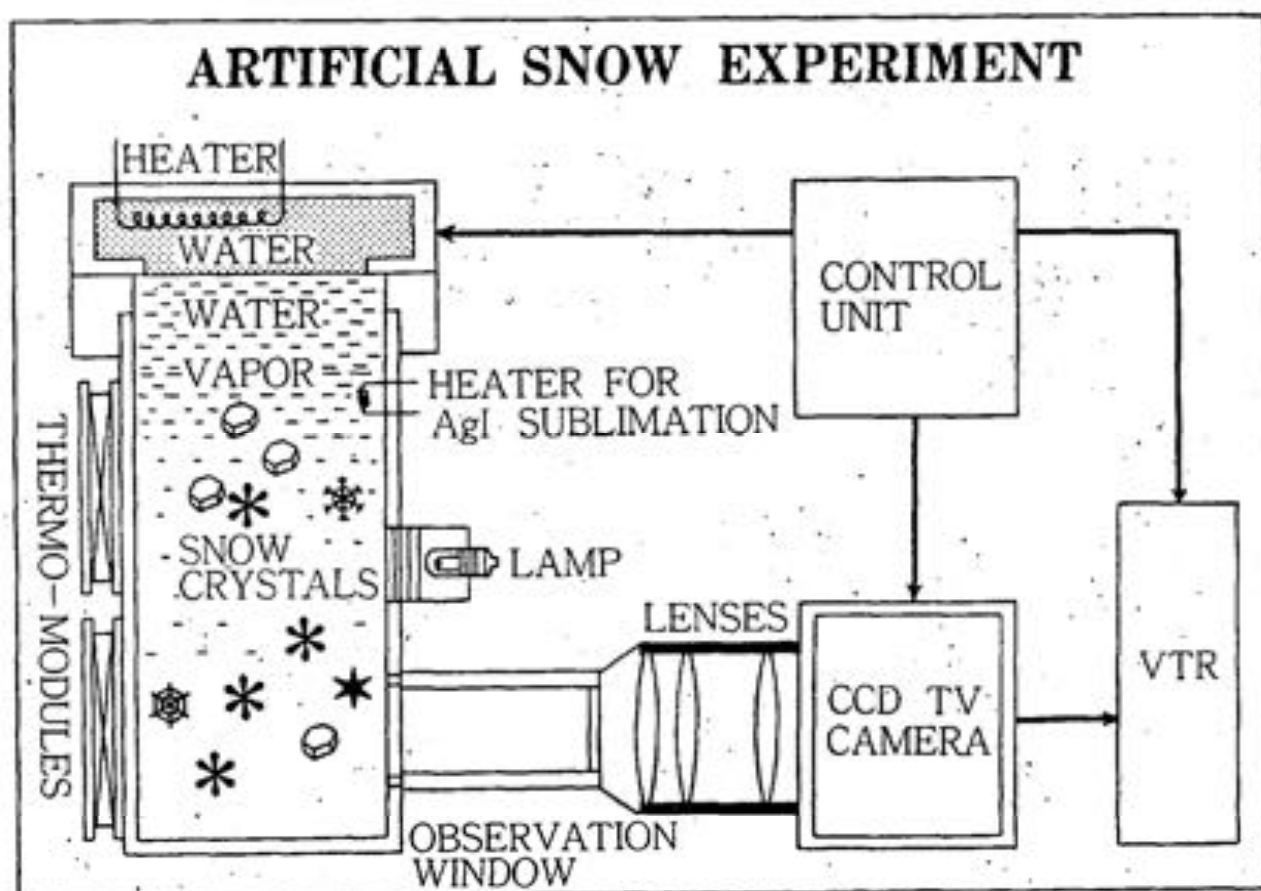
במאמר זה יתוארו מספר ניסויים שטסו או שתוכננו לטוס במיכלי חמ"מ. אחדים מניסויים אלה פשוטים למדי, ואינם כוללים יותר ממספר מיכלים בהם מוכנסים גופים שונים, שאת התנהגותם לאחר חשיפה לתנאי חלל רוצים לחקור. ניסויים אחרים מסובכים יותר, וכמובן שעלותם גבוהה.



תמונה מס. 1 - ניסוי השסת הזרעים במיכל חמ"מ

נחיל אולי מניסוי פשוט ביותר, של חברה להספקת זרעי איכות לחקלאיים (PARK SEED CO.) ממדינת דרום קרוליינה. בארה"ב. מטרת הניסוי. הייתה לבדוק את השפעת הסביב של חלל על סוגים רבים של זרעים, כדי לקבוע מה היא הדרך הטובה, המהירה והזולה ביותר למישלוח זרעים בחלל. המטרה הרחוקה של מחקר זה היא כמובן למכור זרעים לחתנות חלל, כאשר תחנות כאלה יהיו קיימות. במהלך המחקר יישלחו לחלל במיכל חמ"מ 44 סוגים שונים של זרעים, במיכלים שונים ובעטיפות שונות: בנוסף, ייבנו שני ניסויים דומים שיישארו על כדור הארץ, לשם בדיקה. כיוון שהמטען המדעי אינו אלא מערכת של תאי החזקה, האמורה לסוב על צירה כדי שכל הזרעים ייקבלו אותה חשיפה לחלל, עלות בנית המטען היא מזערית, רק 2000 דולרים.

לצד השני של הסיבוב בבנית מטען חמ"מ אפשר להציג את הניסוי היפאני של יצירת פחית שלג בחלל. ניסוי זה הועלה לחלל במעבורת צ'לנג'ר ב-31 באוגוסט 1983, עם הצלחה מרובה, לאחר שבטיסה קודמת, באפריל 1983, הניסוי לא הצליח כלל לייצור שלג. מטרת הניסוי נראית פשוטה, והדרך בה ניתן לייצר שלג גם היא ידועה; צריך רק לקרר אדי מים מתחת לנקודת הקפאון תוך המצאות גרעיני התעבות. בניסוי שימשו גרגירי יודיד הכסף, המוכרים למורידיו הגשם בארץ, כגרעיני התעבות.



פתיחי השלג צולמו במצלמת וידאו והתמונות נרשמו על גבי סרט וידאו, כאשר כל הפעולות נעשו בצורה אוטומטית. למרות השימוש ברכיבים "מן המדף", עלה ניסוי זה מעל 300,000 דולר. מחיר בנית המסען שולם על ידי העתון ASAHI SHIMBUN, אחד מגדולי העתונים ביפן ובנית המסען עצמו נעשתה על ידי החברה NIPPON ELECTRIC.

ניתן להזכיר עוד ניסויים רבים שטסו, או שנבחרו לטוס בחלל, כמו למשל ניסוי קנדי של אפיית לחם בחלל. לא צריך לצחוק מזה כיוון שהבעיה אינה קלה כלל. חשבו לרגע על השמרים שצריכים להתפיה את הבצק, ועל האפיה עצמה בתנאי חוסר משקל, כדי להוכיח כי זו לא שאלה פשוטה. ניסוי זה תוכנן ונבנה על ידי חברות קנדיות, בעקבות הצעות שהתקבלו מהקהל הרחב בתחרות. על פי המתוכנן, הקמח והשמרים יישמרו במיכל מלא בחנקן למשך שנה או יותר, עד לשילוח. במסלול, הקמח והשמרים יעורבבו במים, והבצק שיתקבל יאפה בתנור מיוחד. כל הפעולות ייעשו, כאמור, במיכל חמ"מ סגור, הכולל את הסוללות והמחשב המפקח על כל התהליכים.



על עב"מים ואסטרונומים.

בגליון 3/1987 הופיע מאמר על עב"מים מאת רומן נאכט. בקטע הראשון מביא נאכט סיפור על מנהל מצפה כוכבים נידח במקסיקו, אשר במאה הקודמת ראה (כנראה) מאות עצמים בלתי מזוהים הנעים על פני השמש. מוסיף המחבר וכותב שאף חילות אויר וממשלות פנו לאסטרונומים למתן הסבר על התופעה, כי הרי מקצועו של אסטרונום מקנה לו זכות יתרה בזיהוי חלליות מכוכבים אחרים.

אני חייב להסכים עם המחבר שעיסוקם של האסטרונומים בפיסיקה של גרמי שמיים אינו מקנה להם יתרון בהתקשרות עם טייסים מהחלל החיצון. היתרון היחיד, אולי, הוא ביכולת לשנות קנה מידה בתהליך החשיבה, כי הרי האסטרונום, החושב על כוכבים וגלקסיות, מונה את המרחקים בפרסקים (3.26 שנות אור לפרסק) ולא במטרים. השאלה היא אם בכלל קיימים מומחים לנושאים כמו התקשרות אל ייצורים מעולם אחר, שלא לדבר על חקר המניעים של ייצורים אלה להגיע אלינו...

כותב המאמר מציג את "גזע" האסטרונומים כמתנגדים עיוורים לנושא העב"מים. אומר הוא כי האסטרונומים מסרבים לענות לשאלונים בנושא זה, הם אינם מעוניינים בו ורובם חושבים כי ההסבר המתאים ביותר לעצמים הבלתי מזוהים הוא או מטאורולוגי, או פסיכולוגי, או סתם אסטרונומי (כלומר זיהוי לא נכון של תופעה טבעית).

ברצוני לומר מילים מספר בזכות האסטרונומים, הרי אני עצמי אחד מהם, ואף אני חושב כי ההסבר הנכון ביותר לרוב הדיווחים על עב"מים הוא פסיכולוגי. ראשית, עלי להתוודות כי במהלך שנותי באסטרונומיה צברתי כ-500 לילות תצפית או יותר. באף אחד מלילות אלו, במצפה רמון או במצפים אחרים בעולם, לא הזדמן לי לראות עב"מ, למרות שמאוד רציתי בכך. אגלה עוד כי אני קורא מושבע של ספרות מדע בדיוני וראיתי את רוב הסרטים שנעשו בנושא זה, כך שאיני "עד עויין" בנושא ייצורים מהחלל החיצון. אבל אני גם איש מדע שאינו מוכן לבזבז את זמנו בחקר כל ידיעה. לכן, למשל, אני לא טורח לבדוק בכל פעם שעתון כלשהו כותב על עב"מ שנראה מעל חיפה או מעל בת ים, וגם לא ממחר לנסוע לראות סימני חריכה על הקרקע, ויהי המדווח מי שיהי, איש חיל האויר לשעבר או איש משטרה.

הבעיה היא שאין כל כך מה לחקור. נעשה אמנם מאמץ לפני שנים להתחקות אחר כל הדיווחים שהתקבלו בגל העב"מים של שנות החמישים. הדו"ח המסכם של הוועדה לחקר עב"מים דאז, לימים מכונה דו"ח CONDON, מסביר כ-95% מכל הדיווחים כפי אנו מאמינים כיום, כתופעות מטאורולוגיות או זיהוי מוטעה של כוכבי לכת או מטוסים או בלונים וכו'. אמנם 5% מהדיווחים נשארים ללא הסבר. נראה כי האחוז הקטן הזה מקורו ממדווחים לא אמינים. עדיין לא הובאה הוכחה החלטית על הגעת כלי טייס מגרם שמימי אחר אל כדור הארץ.

מה צריכה להיות המסקנה מכל הדיון הנ"ל? לדעתי, ולדעת רבים מעמיתי למקצוע, תופעת העב"מים היא כפי ששמה מעיד; תצפיות בעצמים בלתי

מזוהים (ככל הנראה על ידי מדווחיהם בלבד). העובדה כי בין המדווחים אין אף אסטרונום מדרגה ראשונה או שניה, בנוסף למיעוט המדענים המוכנים להתייחס לתופעה שדשו בה שנים רבות, החל משנות ה-40 של המאה, ללא קבלת עדויות מוחצות על היות הגופים מחוץ לכדור הארץ ומערכת השמש, צריכה לחזק את הגישה כי מדובר בתופעה פסיכולוגית.

חוסר לענייני עב"מים

בידור שלא מהעולם הזה

מפוטרי הלבניא ויקלטר
בפרויקט העב"מ

השר פרץ:
התקלות
בעב"מים בגלל
מזוזות לא
בשרות

כמה חכמים חזקו את הטיעון לזכות בדיקת
כוחות של עב"מים על שטח זה.

קנה חיטש גר
ואולי תזכה באב"מ
ספרט נאמא 2000

ליל עב"מים בצפון

הנהגת כל ימינו, והכח המבטח של ימינו
הם בשיעור השקת חומרים מסוכנים, כחומר שבת
ההתנהגות חזקה גרמה בעבר למספר סכנות בטיחות
באשר לחיילים המבטחים באמצעות כוחות המגן המבטחים
המבטחים. רמת חיינו חזקה למספר המבטחים והשם
המבטחים, המבטחים גם הם במידת המבטחים.



(ניתן לראות את התבונה בכל יום סיד ואשר
השקיעה באיגוד חזקה)

עב"מים בנרטיק
היהלום תלוי בשמים
מזאיר בקרן אור

הנהגת כל ימינו, והכח המבטח של ימינו
הם בשיעור השקת חומרים מסוכנים, כחומר שבת
ההתנהגות חזקה גרמה בעבר למספר סכנות בטיחות
באשר לחיילים המבטחים באמצעות כוחות המגן המבטחים
המבטחים. רמת חיינו חזקה למספר המבטחים והשם
המבטחים, המבטחים גם הם במידת המבטחים.

נקנס נהג
עב"מ שסירב
להפעיל מונה

עדיית ויפה בשיתוף
ההשקעה המסכנת



זקני צפת
לא זוכרים
עב"מ כזה

הנהגת כל ימינו, והכח המבטח של ימינו
הם בשיעור השקת חומרים מסוכנים, כחומר שבת
ההתנהגות חזקה גרמה בעבר למספר סכנות בטיחות
באשר לחיילים המבטחים באמצעות כוחות המגן המבטחים
המבטחים. רמת חיינו חזקה למספר המבטחים והשם
המבטחים, המבטחים גם הם במידת המבטחים.

טופעים מדחכים של עב"מים

העב"מ אידה הרביעית

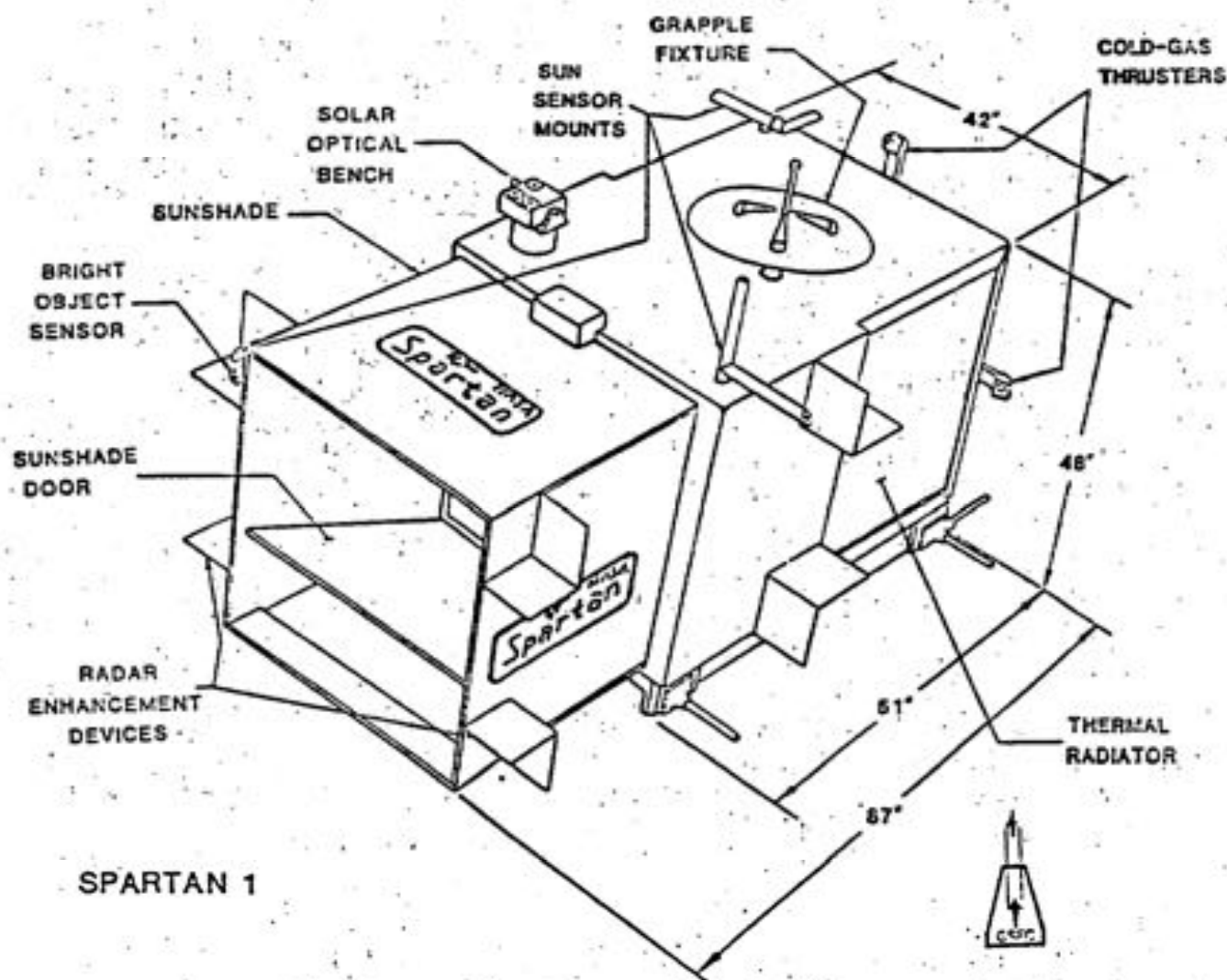
למתעניינים בחיים מעבר לכדור הארץ יש לי עצה אחת, הקדישו יותר זמן
לאסטרונומיה (ויותר מאמצים). רק כך נצליח אי פעם לקבל עדות על



חיים אחרים

לווינים קטנים וזולים (יחסית)

במאמרים הקודמים הסברתי איך עובדת מעבורת החלל ואיך בנוי החמ"מ, ניסוי המגיע לחלל בבטן המעבורת ונשאר שם למשך הטיסה כולה. לפעמים צורת ניסוי זו מספיקה, ואם כל עניינינו הוא בגידול זרעים בתנאי חוסר משקל, או בחקר גידול גבישים באותם התנאים, הרי לזה מספיק. אבל קוראי "כל כוכבי אור" הינם בראשונה אסטרונאוטים ולדעתי הם יירצו לצפות לחלל, אם בטלסקופ אופטי ואם באורכי גל אחרים. אפשר, כפי שהוסבר במאמר על החמ"מ, להזמין חיכל בעל חלון או בעל פתח נפתח לחלל, ובכך לספק את צרכי הניסוי. אבל לפעמים זה לא מספיק. מה לעשות, המסען גדול מכדי להכנס למיכל החמ"מ הגדול ביותר. בכל זאת, אין אנו בטוחים כי שווה "לבזבז" עשרות או מאות מיליוני דולרים כדי לבנות לוויין מיוחד למשימה זו. על כך הומצא הספרטן (SPARTAN), ועליו נדבר כעת.



ציור מס. 1 - מבנה הספרטן הראשון

הספרטן הינו כלי טיס חללי המבוסס על טכניקה של טילים ולא של חלליות. בדרך כלל, טילים טסים מפני כדור הארץ ומגיעים לגובה מסויים, משם נופלים חזרה לפני כדור הארץ. הטילים המשמשים למחקר אסטרונומי בעלי ייצוב מסויים, המאפשר הסתכלות ממושכת יחסית לעבר גרם שמימי מעניין. בניגוד לחלליות, המיועדות לעבוד תקופה ארוכה במסלול לוויני בלי אפשרות תיקון, הטילים בנויים מרכיבים פחות יקרים, אך גם פחות אמינים.

כאשר בונים חללית שאמורה לעבוד בלי תיקונים משך שנים רבות, משתמשים ברכיבים אלקטרוניים מעולים ביותר שנבחרים במיוחד ונבדקים בקפידה. לכל מערכת בונים מערכת זהה וחילופית, כאשר במקרים מסויימים מגבים את המערכת אפילו בפעם שלישית. לעומת הלוויינים, הספרטן בנוי לטיסות חלל קצרות שבסיומן הוא מוחזר לכדור הארץ. לכן אין הוא זקוק לאמינות עליונה, וניתן להסתפק ברכיבים שהוכיחו עצמם בטיסות של טילים, הזולות לאין ערוך מלוויינים.

מטבע היותו גדול מימדים, מיועד הספרטן להיות יחיד מסוגו המוטס בטיסה מסויימת של המעבורת, וזאת רק אם יש די מקום בתא המטען. דוגמה לכך היא מקרה של שילוח שני לווייני תקשורת. המחיר הנגבה על ידי NASA מהחברה המשלחת את לווייני התקשורת הוא כ-60 מיליוני דולר, ומכסה את הוצאות השילוח. אבל שני הלוויינים במיכלי השיגור המבודדים שלהם, תופסים רק כשני שלישים מתא המטען. השליש האחורי אינו מנוצל, ואפשר להציב בו ניסויים מדעיים שמחיר הססתם קטן יחסית. כך נולד רעיון הספרטן, בדומה לזה של החמ"מ שתואר מקודם.

הרעיון המרכזי של הספרטן הוא בקיום מטען החלל עצמאי, כלומר המתנתק מהמעבורת לאחר הגעתה למסלול לוויני. והפועל עצמאי לכל דבר משך מספר ימים קטן. בתום המשימה חוזר הספרטן לתא המטען של המעבורת ומוחזר, כאמור, לכדור הארץ. כיוון שאורך הטיסה קצר, יחסית, אין הספרטן נזקק לתאי שמש אלא ניזון מסוללות שבגופו. היות ולפי התכנון הוא אמור לחזור לכדור הארץ, אין מציידים אותו במשדרים ואנטנות אלא מקליטים את הנתונים שהוא אוסף על גבי סרטים מגנטיים או סרטי צילום שיפוענחו במעבדות המחקר על הארץ.

העדר מכלולים אלו, והתכנון הראשוני שאינו קפדני כמו זה של בניית לוויין, מוזיל בהרבה את עלות הספרטן. התמורה, כמובן, קטנה יותר מזו המתקבלת מלוויין מוצלח. הרי משימתו של הספרטן מסתיימת כעבור 48 שעות, בערך, מתחילתה, בעוד שלווין מוצלח ימשיך לשדר נתונים שנים מספר. אבל בניית לוויין עולה לפחות כמה עשות מיליוני דולרים, בעוד שספרטן ניתן לבנות בעבור מיליונים בודדים של דולרים. מכאן קל להבין שכדאי להשתמש בספרטן כדי לבדוק ציוד ומשימות שאמורות להיות מבוצעות על ידי לוויין.

וכעת לתאור הספרטן עצמו. אקדים ואומר כי עד היום טס רק ספרטן אחד. השני היה אמור לצאת בטיסת צ'לנגר האחרונה וכולנו יודעים מה היה סופה. הספרטן השלישי מתוכנן ונבנה על ידי מעבדות הצי של ארה"ב, וראיתי אותו במו עיני. אין ספרטן אחד דומה לשני, למרות שכולם

משתמשים באותה מערכת הכוונה בסיסית. כפי שהוסבר מקודם, הספרטנים הם ממשיכיהם הטבעיים של הסיליים שהעלו מסענים מדעיים גבוה מעל פני כדור הארץ. לכן הגלאים שמגדירים את הכיוון לשמש ושמוצאים היכן האופק של כדור הארץ זהים, כך גם מערכת ההכוונה, הפועלת בעזרת סילוני גז קר. השונה מספרטן אחד לשני הוא ראשית המסען המדעי, ושני האופן בו מסופק החשמל למערכות החללית.

המגבלה היחידה על חללית ספרטן היא שתכנס לתא המסען של המעבורת. עקרונית, מחבר הספרטן למבנה הנושא אותו והמחבר בינו לבין גוף המעבורת. כאשר מגיע זמנו להיות משוגר, נלקח הוא מעל המבנה המחבר בעזרת זרוע המעבורת ומונח לצידה, בחוץ. אין לספרטן מנועים רקטיים בעזרתם יכול הוא להתרחק מהמעבורת. לכן לאחר הוצאתו מתא המסען מתרחקת המעבורת ממנו מרחק של כ-50 עד 100 ק"מ. כשעה לאחר הנחתו בחלל "מתעורר" הספרטן לחיים ומתחיל את משימתו. הוא מסוגל לתמרן את כיוונו בחלל בעזרת סילוני הגז הקר. כל פעולותיו מתוכננות מראש על כדור הארץ, ולא קיימת אפשרות לשנותם מהארץ, כיוון שאין לספרטן מקלטי פיקוד רדיו.

בתום המשימה חייב הספרטן לחזור לכדור הארץ. לצורך זה קרבה אליו המעבורת, המגלה אותו בעזרת מכ"מ (RADAR), לוכדת אותו בזרועה ומחזירה אותו למתקן החיבור בתא המסען. אילוצי בניה אלו גורמים לעלות הנמוכה, יחסית, של הספרטן.

עקרונית, בנית ספרטן היא בשני סדרי גודל קלה יותר מזו של לוויין, ובשני סדרי גודל קשה יותר מבנית ניסוי במיכל חמ"מ. קיימת אפשרות ביניים, במידה מסוימת, של לוויין המשוגר מתוך מיכל חמ"מ. קל להסיק כי מדובר בלוויין זעיר, רק כ-20 ק"ג מסה וגודל אופייני של כ-50 ס"מ. במהלך טיסות המעבורת שולחו לפי מיטב ידיעתי שני לוויינים מסוג זה, בסכניקה המכונה POP-UP. הלוויינים יוצאים מתוך מיכל חמ"מ גדול בהדיפה של קפיץ לולייני מכווץ. כמובן שצריך להיות זה מיכל חמ"מ בעל מכסה נפתח. שני הלוויינים ששוגרו עד עתה היו אחד לוויין תקשורת ניסיוני שנבנה באונברסיטת יוטה (UTAH) והשני מסען של "היוזמה ההגנתית האסטרטגית" (STRATEGIC DEFENSE INITIATIVE) הידועה גם בשם "מלחמת הכוכבים".

לאחרונה, עקב תקלת המעבורת המעכבת טיסות חלל של ארה"ב ומדינות המערב, יצאו מספר חברות מסחריות בהודעות של אפשרות שילוח לוויינים כקהל לקוחות אזוריים. בין אלו גם חברה ביוטה, שבנתה את הלוויין הזעיר הראשון ששולח ממכל חמ"מ. על פי הפרסום שלה, אפשר להציב לוויין במסלול סביב כדור הארץ בגובה של כ-500 ק"מ. תמורת מיליון דולר בלבד. מסת המסען היעיל בלוויין זה היא רק כ-50 ק"ג, אך אין היא כוללת משדר רדיו, מחשב פיקוח, סוללות חשמל ותאי שמש. ההצעה נראית מאוד מושכת. גודל הלוויין זהה כמעט לזה המשוגר ממכל החמ"מ, אך התלות במעבורת החלל ככלי שילוח בטלה. על פי הדיווחים האחרונים, עתידה החברה לשלח את הלוויינים הראשונים בשנת 1988.

ראינו כאן מספר דרכים בהם ניתן לבצע ניסוי בחלל בעלות נמוכה,

יחסית, כאשר המגבלה של מיכל החמ"מ אינה קיימת עוד. יתכן ובעתיד
נוכל להציע בנית חללית ישראלית למחקר אסטרונומי; נזכור אז איך
כדאי להתחיל בבנית כלי חלל זול יחסית ★



SPACE AVAILABLE

INTRODUCING THE FIRST SPACE-AGE DELIVERY SERVICE:

ORBITAL EXPRESSSM

We'll deliver your package to low earth orbit housed in our standard satellite bus for under \$1 million. Launches don't have to be expensive. Not with dependable, cost-efficient, commercial rockets with multiple satellite deployment capability. Satellites don't have to be expensive, either. Or big. Big satellites mean big bucks. Big bucks for the launch. Big bucks for the bus. With state of the art technology, most applications can be handled with small, compact satellites.

Our standard model will accommodate a payload volume of 2 cubic feet and a weight of 50 pounds to a 269 nm orbit (500 km).

ORBITAL EXPRESSSM invites you to think small.

Find out how affordable space technology can be.

ORBITAL EXPRESSSM

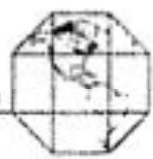
1780 Research Park Way

Logan, Utah 84321 801 / 752-5282

ORBITAL EXPRESSSM

is a joint venture of the American Rocket Company and Globesat, Inc.





בייגל שמימי - הגלקסיה המוזרה של הוואג (HOAG)

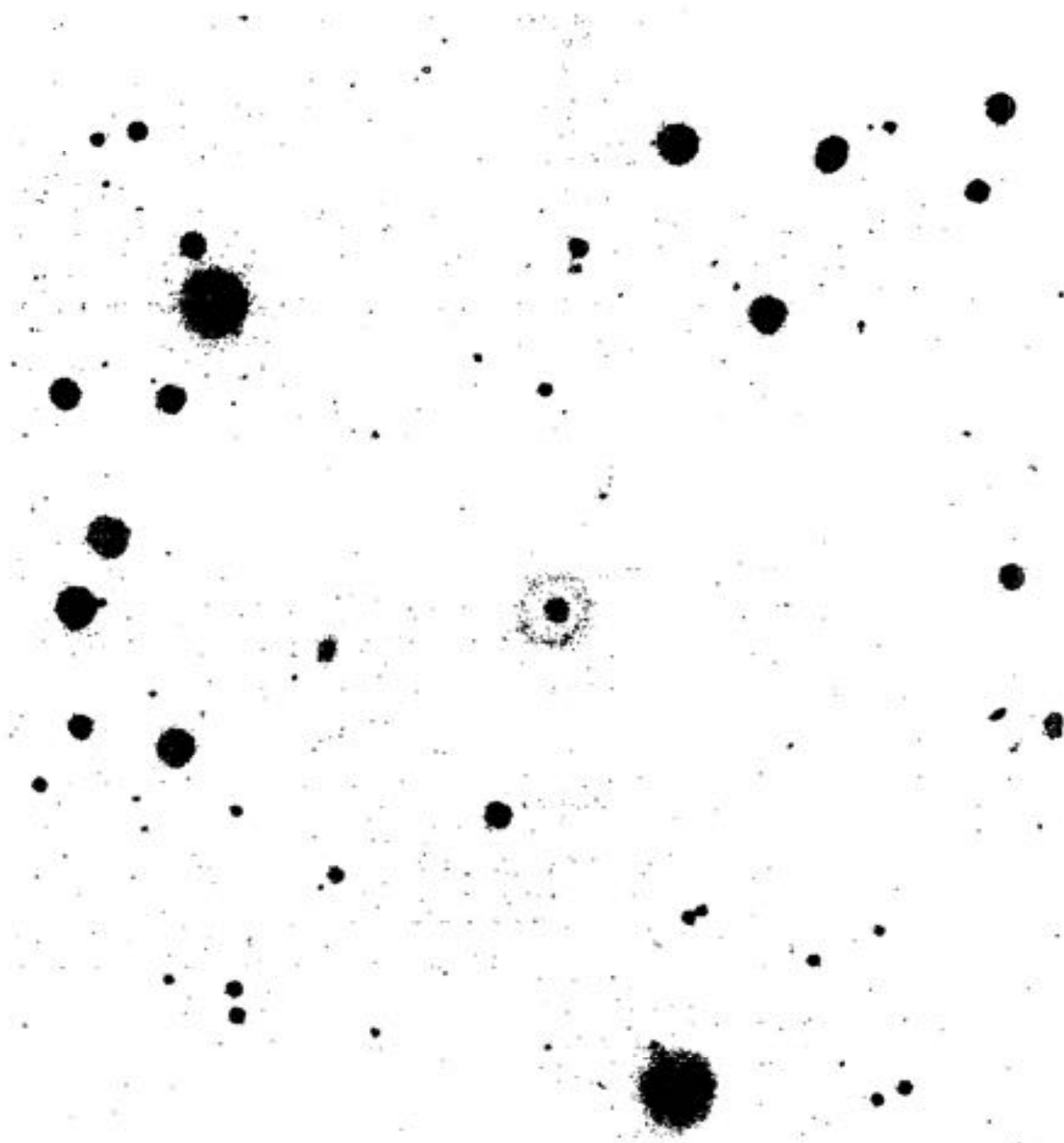
(בעקבות מאמר שנכתב לעתון MERCURY של האגודה האסטרונומית של האוקיינוס השקט)

זהו סיפורו של מחקר אסטרונומי, בו ההדגשה היא על אופן החשיבה בשלבים השונים, על השיקולים שקבעו את סוג התצפיות ועל צורת הסקת המסקנות. החלטתי להביא דברים אלה לקוראי "כל כוכבי אור" משתי סיבות. ראשית, מאמרים מסוג זה מתורגמים לעתים כדי להתפרסם בעתון ועדיף, כמובן, להביא מאמר מקורי. שנית, הגלקסיה עליה מתגלגל הסיפור מעניינת בזכות עצמה. מסקנת המאמר תהיה שאין, בשלב זה, הסבר סביר לצורתה המוזרה. אבל נעמוד על כך עוד לקראת סוף המאמר.

הסיפור מתחיל ב-1981 כאשר שהיתי בהולנד. אז הבחנתי במאמר בן שני עמודים שנכתב ב-1974 והופיעה בו תמונת גלקסיה מוזרה. הגלקסיה נראתה כטבעת מושלמת סביב גרעין קטן אך לא דמוי כוכב. קוטר היה נכבד למדי, כמעט כערפילית הטבעת, כלומר כדקה של זווית, אך היה ברור כי זוהי גלקסיה. זאת משתי סיבות: ראשית הגרעין, שכאמור נראה כגלקסיה אלפסית ננסית, ושנית, האסטרונומים שביצעו את המחקר וצילמו את התמונה גילו כי הגרעין מראה קוים ספקטריים המוסחים לאדום במהירות של למעלה מ-12500 ק"מ/שניה. על פי הבנתנו הנוכחית של היקום [המפץ הגדול וגודל קבוע האבל (HUBBLE) המתאר את ההתפשטות] מרוחקת הגלקסיה מאיתנו כ-250 מאגה-פרסק או כשלש רבעי מיליארד שנות-אור.

מסתבר שהגלקסיה נתגלתה כ-25 שנים קודם לכן, בעקבות ביצוע סקר השמיים של פלומר (PALOMAR SKY SURVEY) וזוהתה כבר אז כגלקסיה ולא כערפילית. היו צריכים לחלוף 25 שנים כדי שמישהו יצליח לצלם ספקטרום שלה ויראה עד כמה היא רחוקה. המאמר מ-1974, וכמוהו גם המאמר המקורי, הסבירו כי הצורה המוזרה של טבעת מושלמת אינה יכולה להיות תוצאה של פיזור אור ע"י גרגירי אבק או דמות שנוצרה ע"י עדשת כבידה. אסביר קודם מדוע הצורה עצמה מוזרה.

ראשית, כדאי לציין כי כעקרון, לגלקסיות שלוש צורות: אליפטיות, ספירלות ובלתי סדורות. נכון יותר לומר כי הגלקסיות יכולות להיות אליפטיות, או בעלות דיסקה (וזה כולל ספירלות ועדשתיות) או יכולות להיות בלתי סדורות. מתי רואים טבעות סביב גלקסיות? יש אליפטיות אחדות, אשר כתוצאה מספיחה של חומר חיצוני, כנראה גלקסיות קטנות של כוכבים, יוצרות סדרות של קטעי קשתות. לקשתות אלו קוראים קשתות של MALIN & CARTER ע"ש האסטרונומים שגילו אותם. לפעמים, ספירלות בעלות מוט מרכזי מראות טבעת, ממנה יוצאות הזרועות. בשנים האחרונות התגלו טבעות סביב גלקסיות עדשתיות, ומכונות "טבעות קוטביות" (POLAR RINGS). אלו גם תוצאה של ספיחת חומר, כנראה גלקסיות קטנות של גז ואבק. אבל הטבעת שסביב הגלקסיה של הוואג היתה המושלמת והמרשימה ביותר שראיתי.



תמונה מס. 1 - הגלקסיה של הואג כפי שצולמה במצפה וויז

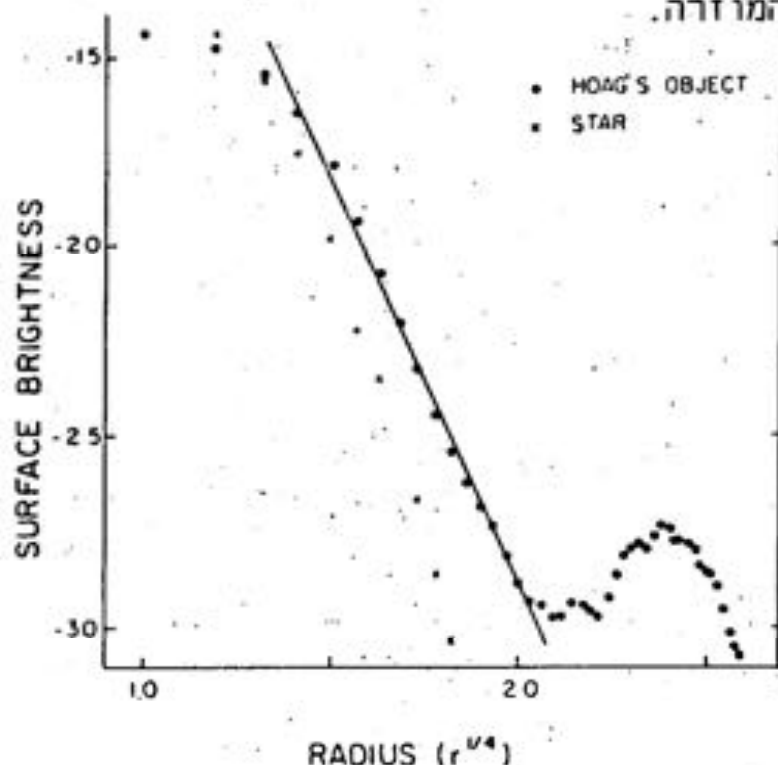
לפחות שני מנגנונים ידועים בטבע שיכולים לייצור דמות של טבעת סביב עצם שמימי. הראשון הוא עדשת הכבידה, הפועלת ע"י "משיכת" קרני האור ע"י גוף מאסיבי. האישוש הראשון של תורת היחסות היה גילוי התזוזה של כוכבים שאורם חלף ליד השמש ושצולמו בעת ליקוי חמה. אור כוכבים אלה הוסח ממסלולו ע"י כוח המשיכה של השמש. אם נניח כעת כי הגלקסיה של הואג היא גוף מאסיבי מאוד, ושמאחוריה בדיוק, אך רחוק מאוד, נמצא גוף בהיר כמו קוואזר למשל, אזי יתכן כי תיווצר טבעת בהירה סביב הגרעין. אפשר לחשב מה היחה המאסה של הגרעין צריכה להיות כדי

לייצור טבעת שקוטרה כ-45 שניות של זווית. המאסה מתקבלת גדולה פי אלף או יותר ממאסת גלקסיה רגילה. הבעיה היא שאין אפשרות לדחוס מאסה כה גדולה בנפח קטן כשל הגרעין, כי אז היו מופיעים סימנים ספקטריים שהיו מעידים על כך.

האפשרות השניה מובנת לכל מי שראה אי פעם הילה זוהרת סביב השמש או הירח. תופעה זו נראית בדרך כלל בימי חמסין, כאשר עננים דקים וגבוהים מכסים את השמיים. אור השמש או הירח נשבר בגבישי הקרח שבעננים ומוסח הצידה לצורה של הילה. היתכן כי אותו מצב קיים בגלקסיה של הואג?

אנו יודעים כי יש בחלל גרגירים, המכונים "אבק קוסמי". גרגירי האבק מפריעים בדרך כלל לצפיה, כי הם מפזרים אור הכוכבים שמאחוריהם מחוץ לקרן המגיעה אלינו. כך הכוכבים נראים חיוורים יותר, ואף נעלמים מעינינו. אם הגרגירים קטנים, ההילה שהם יכולים לייצור היא גדולה, כמו הילת השמש. כדי שההילה תהיה קרובה עד כדי כמה עשרות שניות של זווית הגרגירים צריכים להיות ענקיים, כמו גרגירי אפונה או חומס. אין מקום בחלל בו נמצאים גרגירים מסוג זה. בנוסף, קיימת סיבה פיסיקלית לכך שהטבעת אינה יכולה להיות תוצאה של שבירת אור.

הנתונים מהמאמר של 1974 התקבלו מטלסקופים גדולים, זה שקוטרו 2.5 מ' במצפה LICK ועם זה של 5 מ' של הר פלומר. אני ידעתי כי בכמה תחומים העבודה במצפה וייז, במצפה רמון, יכולה לעלות על התוצאות שדווחו במאמר. למשל, ידעתי כי עם לוחות צילום טובות שרגישותם הוגברה ע"י טיפול במימן חם, ועם חשיפה לזמן ארוך, אוכל לקבל תמונה טובה מזו שהופיעה במאמר. עוד היה ברור לי כי נתונים פוטומטריים, כלומר מדידת עצמת אור בצבעים שונים, יכולה להוסיף למידע הקיים ואולי להביא לפתרון הצורה המוזרה.



ציור מס. 1 - התפלגות הבהירות

אמנם התמונה שצילמתי במצפה רמון עלתה בטיבה על זו משנות ה-70. היא צולמה משך 200 דקות, יותר משלש שעות. בדיקתה נעשתה במצפה האירופי הדרומי (ESO), בגרמניה, שם קיימות מכונות סריקה המתרגמות את דרגות הבהירות למספרי מחשב, ומחשבים המסוגלים לטפל במספרים אלו, לעבד אותם ולהראות על קיום קשרים בין תכונות שונות של הנתונים. הצלחתי להראות כי הטבעת היא אמנם טבעת ולא כדור סביב הגרעין, שהוא גלקסיה אליפטית.

הנתונים הפוטומטריים נמדדו דרך שני מפתחים עגולים. אחד היה קטן מספיק כדי להעביר רק את אור הגרעין בלי תרומה של הטבעת, בעוד השני היה גדול מספיק כדי להעביר את אור הטבעת כולה. ההפרש בין שתי המדידות הוא כמובן האור המגיע מהטבעת בלבד. המדידות הפוטומטריות הראו כי בצבעים כחול ועל-סגול הטבעת מקרינה יותר אור מהגרעין. זהו מסמך נוסף בארון המתים של רעיון הטבעת כתוצאה משבירת אור; אין דרך פיסיקלית בה האור הנשבר יהיה בהיר יותר מהאור המגיע ישירות.

ייתכן היה כי הגלקסיה של הואג מכילה כמות גדולה של גז מימן נייטרלי, אותו אפשר למדוד בקרינת רדיו באורך גל של 21 ס"מ. לכן ביקשתי לבצע תצפית עם טלסקופ רדיו בהולנד. טלסקופ זה הוא מסוג "אינטרפרומטר" (INTERFEROMETER), כלומר המידע מתקבל מחיבור הקרינה המגיעה אל מספר אנטנות דמויות צלחת. בהולנד מורכב הרדיו טלסקופ מ-14 צלחות בעלות קוטר של 25 מ' המסודרות לאורך שדרה של 2.7 ק"מ (דרך אגב, מקום המצפה הוא במחנה הריכוז היחיד שהיה קיים בהולנד, במקום המכונה WESTERBORK, וחדר הפיקוח של הצלחות והמקלטים זהה במקומו למשרפת המחנה שהקימו הגרמנים...).

תצפיות אסטרונומיות זקוקות לשמיים שחורים, ללא זיהום אור. תצפיות רדיו מצריכות רקע רדיו שקט, ללא הפרעות. קרינות המפריעות לצפייה ב-21 ס"מ מהולנד מקורן בשידורים צבאיים של הברית הצפון אטלנטית (NATO). לפחות בהולנד, NATO אינה עובדת בסופי שבוע, לכן אפשר אז לצפות ברדיו ללא הפרעה. התצפית בגלקסיה של הואג בוצעה בסוף שבוע כזה. הנתונים עובדו במחשב של אוניברסיטת ליידן (LEIDEN), אך התוצאות היו מאכזבות, לא נראה כי יש בגלקסיה הרבה מימן. ליתר דיוק, המימן הנייטרלי צריך היה להיות פחות ממה שיש בשביל החלב כדי שלא יופיע בתצפיות.

בשלב הזה החלטתי לפרסם את התוצאות שקיבלתי. הבעיה היתה שלא ידעתי כיצד לפרש אותם, כלומר לא יכולתי להצביע על מנגנון מקובל שיוכל לייצור את הטבעת. הזכרתי בפתיחה כמה הסברים על צורות דמויות טבעת שמופיעות באסטרונומיה. לא האמנתי כי הגלקסיה של הואג יכולה להיות תוצאה של ספיחת גלקסיה קטנה של כוכבים, כי במקרים אלו הקשתות הנוצרות מופעיות לסירוגין בחלקים נגדיים של הגלקסיה ואינם יוצרים טבעת שלמה.

לא חשבתי גם כי הטבעת יכולה להיות תוצאת ספיחה של גלקסיה עם גז ואבק, משהו כמו "טבעת קוטבית". זאת בגלל שטבעות כאלה מראות סימנים ברורים של הוצרות כוכבים, כמו קווי פליטה ספקטרליים של גזים חמים, וגם סימנים חיצוניים לתהליך הספיחה, כמו זנבות או סילוני חומר.

לכן הצעתי במאמר, שהתפרסם בעתון האירופי ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS, כי הגלקסיה של הואג היא דוגמה קיצונית של גלקסיה ספירלית עם טבעת פנימית, בו אין רואים את הזרועות שהיו צריכים לצאת מהטבעת וגם לא את המוט הפנימי. על פי המנגנון המקובל, מוט זה הוא שהניע את החומר שבדיסקת הגלקסיה ודחף אותו לתוך הטבעת.

לאחר פרסום המאמר, בסתיו 1986, שהיתי לצורך תצפיות במצפה הרדיו ב-ARECIBO, בפורטו ריקו. שם נמצאת הצלחת הגדולה בעולם, שקוטרה יותר מ-300 מ', בעזרתה אפשר לבצע את התצפיות הרגישות ביותר בקו ה-21 ס"מ. לא יכולתי לצפות בגלקסיה של הואג, כי צלחת הרדיו טלסקופ ב-ARECIBO אינה ניתנה להסיה ואינה עוקבת אחר התנועה היומית של הכוכבים, ופרק הזמן בו הגלקסיה המוזרה הייתה בתחום הקליטה של הטלסקופ הוקצב לצופה אחר. ביקשתי מהצופה שיכול היה לצפות בגלקסיה לעשות כך ותוך מספר שעות נודעה לי התוצאה, בגלקסיה הייתה כמות גדולה מאוד של מימן, יותר ממה שיש בשביל החלב. יתכן כי לא ראיתי מימן זה בתצפיותי מהולנד כי הוא אינו מרוכז בטבעת אלא פרוס בסביבתה החיצונית, וטלסקופ מסוג אינטרפרומטר אינו יכול להבחין בו, בעוד שהצלחת הגדולה כן מצליחה.

נודע לי גם כי אסטרונומים אמריקאיים צפו בעצם של הואג. כאשר הגעתי לארה"ב מפורטו ריקו, התקשרתי לאסטרונום שהוביל מחקר זה והובטח לי שכאשר המאמר המדווח על תוצאותיהם יהיה מוכן, אוכל לקבל העתק. לימים הגיע המאמר לידי וראיתי שאמנם עבודתם הניבה תוצאות מרשימות. כל התצפיות שלהם בוצעו בטלסקופ ה-5 מ' של הר פלומר או ברדיו טלסקופ של ARECIBO. בין היתר, התקבלו לראשונה ספקטרא של הטבעת שהראו קווי פליטה של גזים חמים. כמו כן, הובחן בסיבוב הגרעין והטבעת.

על סמך נתונים אלו, ועל יסוד גילוי המימן הנייטרלי עליו ידעתי כבר, הציעו האמריקאים כי הגלקסיה של הואג הינה תוצר של ספיחה של גלקסיה קטנה של גז ואבק על גלקסיה אליפטית גדולה יותר, דוגמה קיצונית של טבעת קוטבית. לפיהם הספיחה התרחשה לפני כ-2-3 מיליארד שנים, כי אין רואים סימני ספיחה חיצוניים כזנבות וכו'.

לדעתי, הבעיה של צורת הטבעת המושלמת לא נפתרה. אמנם יתכן כי תהליך ספיחה של גז התרחש בעבר, אך האם זה סביר כי הגז שהסתדר בטבעת ימשיך לעשות כוכבים עוד היום, ושזה יהיה רק באזור צר של הטבעת? לדעתי לא, אך צריך לחשב זאת במיוחד וזה לא נעשה עד היום. ראינו שבמשך שנתיים (1985 והשנה) התפרסמו שני מאמרים על הגלקסיה של הואג. נקווה ש"גל" זה של מאמרים יימשך, ובמהרה נזכה לפתרון תעלומת הטבעת שבגלקסיה זו.



"ליופי שידאגו חייטים וסנדלרים, מטרת מחקרינו צריכה	להיות האמת"
(א. איינשטיין)	

הבעיה של זיהום האור

בימינו, כולנו זהירים מאוד כשמדובר בזיהום סביבתי. רבבות נזעקו כדי להפגין נגד זיהום הנחלים בפעולה של החברה להגנת הטבע. מאות או אולי אלפים לקחו חלק בפעולות למניעת זיהום אויר על ידי תחנת הכוח בחדרה, ועכשיו פעילים לאותה מטרה נגד התחנה הנבנית באשקלון. זיהום אחד, המפריע לכולנו, לא מטופל על ידי גורם כלשהו במדינה. יהיה זה נכון אולי אם תפעל אגודתנו למניעת זיהום זה.

הכוונה היא לזיהום האור, אותה תופעה שרירותית המכערת את שמי הלילה ומונעת מאיתנו צפייה מהנה בפלאי השמיים. פעם, כאשר חלוצים חיו בארץ, לא היה חשמל. אם כבר היה למישהו גנרטור, לא הפעילו בלי הבחנה כדי להוסיף תאורה שלא לצורך.

כיום נראה כאילו אנו חיים בעידן של שפע תאורתי, כל רחוב וכביש מוארים בהרבה נורות, שלטי פרסומת מונפים אל על ועוד. פעם אפשר היה לראות את שביל החלב משפלת החוף. תאורת הערים המרובה מונעת זאת מאיתנו. רבים מהחברים, ועוד רבים יותר בקרב הקהל הרחב, לא ערים להפסד האסתטי העצום שנגרם לנו.

הגברת בהירות השמיים מפריעה לצפייה בעין או בצילום, על ידי הציבור הרחב או חובבי האסטרונומיה, אך מסכנת ממש את המחקר האסטרונומי בישראל. הדבר, דרך אגב, נכון בכל ארצות העולם, אם כי בשנים האחרונות מודעות הציבור לזיהום האור עלתה בארה"ב. פעולה זו היא תוצאה של מלחמה מתמשכת במזהמי האור על ידי קבוצות של אסטרונומים מקצועיים וחובבים גם יחד.

מה מפסידים אנו אם שמי הלילה בהירים? בכל פעם שמבוצעת תצפית אל גרם שמימי חיוור נכנסת לגלאי שלנו, יהא זה עין הצופה, לוח צילום או מכשיר מסובך יותר, תרומה של אור הרקע של השמיים. קיים מרכיב טבעי לרקע האור, שמקורו מתהליכים כימיים באטמוספירה העליונה, בפיוזור אור הכוכבים על ידי אבק ופרודות אויר, ובפיוזור אור השמש על ידי אבק במערכת השמש (זה האחרון מכונה "אור גלגל המזלות" - ZODIACAL LIGHT). האור המלאכותי הוא תוספת, בדרך כלל נכבדה מאוד, לרקע הטבעי.

כיוון שהמידות האסטרונומיות נעשות לגבי גרם שמימי בתוספת אור לא רצוי, חייבים להחסיר את תרומת השמיים כדי לדעת את כמות האור שהגיעה מהעצם הנצפה. לצורך זה מודדים את בהירות השמיים רחוק מהעצם המעניין ומחסירים את התוצאה מהמידה של הגרם השמימי.

כמו בכל תהליך, גם בתהליך זה קיימות שגיאות מדידה הנובעות מטבע האור (סטטיסטיקה של פוטונים). כעקרון, השגיאה גדלה לפי השורש הריבועי של מספר הפוטונים הנקלטים. לכן, אם רקע השמיים להחסרה גדול, השגיאה בתוצאת החיסור תהיה אף היא גדולה. הדבר שווה ערך להקטנת הקוטר היעיל של הטלסקופ. דרך אגב, טלסקופים קטנים, שמטבעם

תוכננו לעבודה על עצמים בהירים, מושפעים פחות מבהירות שמיים גדולה יחסית לסלקופים גדולים.

לפעמים המתנגדים להקטנת זיהום האור טוענים כי ממילא אפשר לבצע תצפיות אסטרונומיות מהחלל. נכון, קיימים מספר לויני תצפית ועוד כמה יעלו לחלל בעתיד. אבל אין זאת אומרת כי תם עידן האסטרונומיה מכדור הארץ. הרבה מחקרים אפשר לעשות רק עם סלקופים ענקיים, שאין אפשרות להעלותם לחלל. מחקרים אחרים אפשר לעשות עם סלקופים קטנים יותר, אך לאורך זמן רב. היות ומספר כלי תצפיה בחלל קטן, אין אפשרות להקצות מספיק זמן תצפית למחקרים אלה.

יתרה מזו, מה נאמר לאיש הקטן שלא ראה כוכבים בחייו כי הוא חי בלב תל אביב או עיר אחרת שמוארת היטב? האם נייעץ לו ללכת לפלנטריום כי שמי הלילה יישארו חסומים בפניו?

עלינו להדגיש כי אין אנו רוצים בכיבוי אורות כללי. אנו מבקשים להקפיד על שימוש יעיל באור. למשל, קיימת בחירה בדרך כלל בין סוגי מנורות שונים כאשר מתכננים התקני תאורה לרחובות או מתקנים. נורות לתאורה באות או כמנורות חוט להט (וזה כולל התקנים של נורות רבות עצמה מסוג METAL HALIDE), נורות כספית, נורות של נתרן בלחץ גבוה ונורות נתרן בלחץ נמוך. על סוגים אלה ניתן להוסיף נורות צבעוניות המכילות נאון, ארגון וכו', ומשמשות לפרסומת. מבחינת תצפיות אסטרונומיות, נורות הנתרן בלחץ נמוך עדיפות על כל סוגי הנורות האחרות.

הסיבה להעדפת נורות הנתרן בלחץ נמוך היא שרוב האור הנפלט מהן מגיע בקו ספקטרי אחד, סביב אורך גל של 5900 Å בצהוב. בתחום זה עין האדם רגישה מאוד. ריכוז התאורה באזור שיא רגישות העין גורם למינעת בזבז פוטונים. בנוסף, הקו הספקטרי של נתרן נפלט בצורה טבעית על ידי האטמוספירה וחסום ממילא לתצפיות אסטרונומיות.

מצד שני, הנורות המפריעות ביותר לתצפיות הן אלו של כספית. נורות אלו יוצרות אור בכל אורכי הגל בתחום הנראה, הרבה אור בתחום הסגול והעל-סגול. אור זה מתפזר בקלות יותר באוויר מאורכי גל אחרים. הוא אף אינו תורם לראיה טובה יותר, כי עין האדם אינה רגישה לאורכי גל אלו.

העדפת נורות נתרן בלחץ נמוך מביאה לא רק לחסכון באור וצמצום האור המפוזר, אלא גם להקטנת עלות התאורה. פחות חשמל מבזבז לריק בתחומי הספקטרום בהם העין אינה כלל רגישה. מבחינת הרשויות המקומיות, הממונות על תאורה בתחום שיפוטם, פבר זה מתבטא בחסכון תקציבי שיכול להיות מופנה לצרכים אחרים. לכן ענין התאורה הנכונה צריך להיות חשוב לכולנו בתחום מגורינו ועבודתנו.

ענין נוסף יכול לעזור בצמצום זיהום האור. חייבים לדאוג לתאורה נכונה אל המקום הנכון. אין צורך לזרוק מחצית האור אל השמיים, כפי שהדבר נעשה אם אין מתקינים כיסוי מנורה מתאים. חייבים להקפיד כי

האור ייצא מן המנורה כלפי מטה בלבד. בצורה זו יימנע סינוור הצופים על ידי התאורה. הישירה מהמנורה, וגם תוקטן כמות האור המפוזר מהשמיים, כי פחות אור יגיע לשם. שני הדברים, בחירה נכונה של סוג נורות התאורה והקפדה על כיוון התאורה, יכולים לשפר באופן משמעותי את שמי הלילה.

שיפור נוסף יכול להיות כיבוי אורות מבוקר. לדוגמה, איזור מסחרי מפסיק בדרך כלל את פעילותו אחר חצות. אם ידאגו לכבות את כל התאורה, פרט לזו החיונית למטרות בטיחות וביטחון, ישפרו את התצפיות. הרי החובבים, וגם האסטרונומים המקצועיים, אינם קשורים בתצפיותיהם בשעות מסוימות של הלילה אלא עובדים בכל שעות החשיכה. הקטנת כמות התאורה אחר חצות לא תפגע בחיים השיגרתיים, אך תשפר משמעותית את בהירות השמיים. צמצום שעות התאורה נכון לגבי כל אור שאינו חיוני, כמו שלטי פרסומת, תאורה לצורך הדגשה ארכיטקטונית ועוד, ומביא לחסכון משמעותי בחשמל, בלי לפגוע במהלך התקין של החיים.

אם לסכם, עלינו לאמץ ולגרום שיאמצו כללי תאורה כלהלן:

א. השתמשו בתאורה רק כשהדבר חיוני. כבו אורות כשאינם נחוצים יותר.

ב. כווננו את האור כלפי מטה, שם הוא דרוש. התקינו מגיני אור למניעת זריקתו כלפי מעלה. זה ימנע סינוור האנשים וזיהום השמיים. התקינו מגיני אור למנורות קיימות.

ג. השתמשו בנורות נתרן בלחץ נמוך בכל מקום בו הדבר אפשרי. מומלץ לעשות זאת לתאורת רחובות, מגרשי חניה ותאורת בטחון.

ד. מנעו פיתוח ליד אתרי תצפית ומצפי כוכבים. כאשר הדבר אינו אפשרי ומעשי, הקפידו על ביקורת סוג התאורה המותקן. הדגישו את הענין של כולנו בתאורה נכונה ואיכותית, במקום תאורה מיותרת ובזבזנית.

איך הולכים הלאה? יש בארצנו מספר קטן של אתרים עליהם חייבים לשמור. ראשית, מצפה הכוכבים במצפה רמון, לידו יקום אולי בעתיד מצפה מרכזי של חובבי האסטרונומיה. שנית, מצפה הכוכבים בגבעתיים, הטובע בשפע אורות העיר והסביבה. שלישית, מקומות תצפית שהיו מעולים פעם אך בזמן האחרון הולכים ומתקלקלים. בין אלו נזכיר את מודיעין ואת מבצר אפק (אנטיפטרוס).

עלינו לשכנע את הגופים השולטים במקומות אלה בחשיבות התקנת תאורה נכונה ובצמצום התאורה הקיימת. נדגיש את חשיבות סוג הנורות וקיום הכיסוי העליון למניעת פיזור. נדגיש גם את החיסכון באנרגיה שייגרם עקב כך. נפנה לכל המועצות המקומיות הנוגעות בדבר, לחברי כנסת ושרי ממשלה ולתקשורת כדי להביא דבר זה למודעות הכלל



במה ליקויי חמה בארץ ישראל?

(בעקבות קבלת תחזית הליקויים עד שנת 2035)

אחד הדברים הנפלאים שבטבע הוא צירוף המקרים שמכדור הארץ השמש והירח נראים באותו גודל. הירח הוא גוף קטן, קר ואפל, שקוטרו רק 3500 ק"מ, בעוד שהשמש גדולה ומאירה בעצמה, וקוטרה כ-1,400,000 ק"מ. מקור צירוף המקרים בכך שלמרות שהשמש גדולה פי 400 מהירח, היא גם רחוקה מהארץ פי 400. לכן אפשריים, במועדים מיוחדים, ליקויי חמה מלאים, בהם הירח מכסה בדיוק רב את השמש.

ביסוד כל ליקוי חמה התופעה שהשמש, הירח וכדור הארץ מסתדרים על קו ישר, כך שאזור מסויים של הארץ חולף דרך צל הירח. לצל הירח שני חלקים; החלק החיצוני מכונה חצי-צל (PENUMBRA) והחלק הפנימי, שהוא הצל עצמו ומכונה UMBRA. בתוך חצי-הצל, רק חלק מהשמש מכוסה על ידי הירח. לעומת זאת, הצל המרכזי הוא האזור של כיסוי מלא של השמש.



תמונה 1 - ליקוי חמה מלא

במהלך ליקוי מלא עובר הצל על פני הארץ ממערב למזרח על פני אזור. הליקוי המלא. כל צופה באזור זה יראה את השמש לוקה על ידי הירח במשך לכל היותר 7.5 דקות. באירוע כזה נראית עטרת השמש כהילה סביב הירח, והנוף נראה כאילו היו אלו זמני דמדומים. מחוץ לצל המלא אבל בתוך חצי-הצל נראה ליקוי חלקי בלבד, כלומר נראית השמש כחסרה חלק זה או אחר, המכוסה על ידי הירח. רוחב הצל המלא הוא לכל היותר כ-300 ק"מ, בעוד שרוחב חצי-הצל הוא כ-7000 ק"מ. לפעמים הצל המלא "מפספס" את כדור הארץ לחלוטין ואז נראה רק ליקוי חלקי.

הגאומטריה של הליקויים מכדור הארץ מסובכת, מהיות מסלול הארץ סביב השמש אליפטי. עקב כך משתנה הגודל הנראה של השמש ב-3%. בנוסף, גם מסלול הירח סביב הארץ אליפטי. זה גורם לשינוי של 12% בגודל הנראה של הירח. לכן יתכן שבעת ליקוי חמה יהיה הקוטר הנראה של הירח גדול ב-7%, או 2 דקות, מקוטר השמש. לחילופין, יתכן מצב בו הקוטר הנראה של הירח יהיה קטן ב-10%, או 3 דקות, מקוטר השמש. במצב זה מתרחש ליקוי טבעתי, כלומר בעת ההתכסות המירבית של השמש נראת טבעת זוהרת סביב הירח, זהו החלק הלא מכוסה של השמש. בעת ליקוי טבעתי, זוהר הטבעת אינו מאפשר צפייה בעטרת השמש.

אחת השאלות המיידיות, אם הגאומטריה של הליקויים מובנת, היא מדוע אין מתרחש ליקוי חמה מידי מולד הירח, פעם אחת בחודש. התשובה נמצאת

בהטית מישור התנועה של הירח סביב כדור הארץ, ביחס למישור התנועה של הארץ סביב השמש. הטיה זו של 5 מעלות גורמת לכך שהירח יעבור דרך מישור התנועה של הארץ סביב השמש (המילקה=ECLIPTIC) פעמיים במשך חודש הירח בן ה-29.5 ימים. נקודות אלו של חציית הירח את המילקה מכונות "הקשרים" (NODES). בשאר ימי החודש הירחי נמצאת הלבנה מעל או מתחת למילקה. כיוון שליקויים יתכנו רק כאשר השמש, הירח וכדור הארץ יהיו במישור אחד, התנאים מתקיימים רק באחד מקשרי מסלול הירח.

על פי הידע העממי, ליקויי שמש נדירים. הדבר אינו כך; למעשה ליקויי הלבנה נדירים יותר מליקויי החמה. הסיבה היא שהקשת של מסלול הירח החיצונית לכדור הארץ גדולה יותר מהקשת הפנימית, הקרובה יותר לשמש. לכן בממוצע יש 5 ליקויי חמה על כל 3 ליקויי לבנה. בכל שנה יהיו לפחות שני ליקויי חמה ולכל היותר 5. מצד שני, בכל שנה לא ייחכנו יותר מ-3 ליקויי לבנה, אבל יכולים להיות שנים בהם לא יהיה אף ליקוי ירח שהוא.

לכן, אם נאחד את שני סוגי הליקויים יחדיו, נראה כי שנה קלנדרית תכיל לכל היותר 7 ליקויים שיהיו בצירופים של 5 ליקויי חמה ו-2 לבנה או 4 ליקויי חמה ו-3 לבנה. בשני המקרים, ליקויי חמה יהיו כולם חלקיים. לדוגמה, שנת 1982 היתה שנה מיחדת של 7 ליקויים (מעניין עוד יותר שכל 3 ליקויי הלבנה היו מלאים! דבר זה יתרחש פעם נוספת רק בשנת 2485).

אבל נסיוננו היום-יומי אומר לנו אחרת. אנו "יודעים" כי ליקויי לבנה נראים יותר פעמים מליקויי חמה. הסיבה לכך היא, כמובן, שליקויי החמה נראים רק משטח מצומצם של כדור הארץ, בעוד שליקויי הלבנה נראים מכל המחצית של כדור הארץ בה שורר לילה.



וכעת לנושא המרכזי של מאמר זה. זכור לי שקראתי במקום מסויים כי לא יהיו בארץ ליקויי חמה מלאים עד שנת 2000, ואולי אפילו מאוחר יותר. לכן שמחתי לראות את הפרסום של NASA המביא חישוב מדויק של ליקויי החמה לחמישים השנים הבאות, עד שנת 2035. בנוסף, אפשר היה למצוא שם מפות של מסלולי ליקויים משנת 1901 ועד 2100. על יסוד מפות אלו אפשר לראות מתי היו ומתי יהיו ליקויי חמה שייראו בארץ ישראל. להלן הטבלה של ליקויים אלה:

שנה	תאריך	סוג הליקוי	סוג הליקוי בארץ
1901	11 בנובמבר	טבעתי	טבעתי
1922	28 במרס	טבעתי	חלקי
1933	21 באוגוסט	טבעתי	טבעתי
1952	25 בפברואר	מלא	חלקי
1966	20 במאי	טבעתי	חלקי
1976	29 באפריל	טבעתי	חלקי
1999	11 באוגוסט	מלא	חלקי
2005	3 באוקטובר	טבעתי	חלקי
2006	29 במרס	מלא	חלקי
2027	2 באוגוסט	מלא	חלקי
2030	1 ביוני	טבעתי	חלקי
2034	20 במרס	מלא	חלקי
2053	12 בספטמבר	מלא	חלקי
2059	5 בנובמבר	טבעתי	חלקי
2060	30 באפריל	מלא	חלקי
2081	3 בספטמבר	מלא	חלקי
2088	21 באפריל	מלא	חלקי
2093	23 ביולי	טבעתי	חלקי

בטבלה מובאים הליקויים שהינם מלאים או טבעתיים במקום כלשהו בתווך של כעשר מעלות רוחב מארץ ישראל. לא נכללים ליקויים שנראים חלקיים בלבד מאיזה שהוא מקום על פני הארץ ולא כאלה שאזור הליקוי המלא עובר רחוק יחסית מישראל. לכן ייתכנו ליקויים שנראו או שייראו בארץ כחלקיים מאוד, נאמר פחות מ-70%.

מאכזב. מסתבר כי עד למאה ה-22 לא ייראו בארץ ישראל ליקויי חמה מלאים. יש תמיד פתרון, לנסוע למקום ממנו ייראה הליקוי מלא. ובכן, בהנחה כי קוראי המאמר יישארו בחיים עד שנת 2100, איפא להם לנסוע בקרבת ארץ ישראל כדי לראות ליקוי מלא של החמה? מסתבר כי המקומות המועדפים הם מרכז תורכיה, עבור הליקויים של 1999, 2006 ו-2081, החוף הדרומי מזרחי של ים סוף במצרים עבור הליקויים של 2027, 2034 ו-2053 וקפריסין עבור הליקוי של 2060. נקווה שמצבנו הבריאותי והמצב הפוליטי יאפשרו ביקורי תצפית אלו.



רשימת המאמרים בכרך 14 - שנת 1987

גליון 1 - עמ' 36 - 1	גליון 4 - עמ' 156 - 113
גליון 2 - עמ' 68 - 37	גליון 5-6 - עמ' 216 - 157
גליון 3 - עמ' 112 - 69	

הערה - כוכבית (*) בצד שם המחבר מציינת תרגום מכתבי עת זרים

קוסמולוגיה

7	יובל נאמן	תורת היקום האינפלציוני - קוסמולוגיה חדשה
42	*ערן אופק	המפץ הגדול?
76	*חנוך גרשט	כדוריות בוק
82	"מעריב"	חור שחור בשביל החלב
120	*חנוך גרשט	מתפרצי קרינת גמא

לחובב

34	איתן עלומי	דו"ח תצפית: מעבר כוכב חמה על פני השמש
65	נח ברוש	תרומת חובבים למחקר האסטרונומי
	ערן אופק,	צילום אסטרונומי לחובב - עדשות מצלמה
95	חן שיינברג	כוכבים משתנים
106	ערן אופק	בחירת עיניות לטלסקופ
141	ערן אופק	תצפיות בכוכבים משתנים לחובב
145	עופר גלנץ	כוכבים משתנים - הלכה למעשה
151	ערן אופק	גמ"ק אמצ"מ - הכוונה של מעמד משווני
181	נח ברוש	קבוצת תצפית בכוכבים משתנים
191	נח ברוש	כמה ליקויי חמה בארץ ישראל
211	נח ברוש	

פינת החובב

עמ' 24 - 13	עמ' 144 - 137
עמ' 56 - 47	עמ' 190 - 183
עמ' 94 - 87	

אסטרונומיה

73	שחל לוין	הכוכב האבוד של באייר
	*ערן אופק,	סקר שמיים חדש של מצפה הר פלומר
86	רואי גרשון	הקבוצות השונות של כוכבים משתנים
148	עופר גלנץ	

אסטרונומיה

27	עובד דהרי	הזרועות המוזרות של NGC4258
40	נח ברוש	הספרנובה של המאה
63	*בועז מאיר	כוכב קורס עוברי
109	*בועז מאיר	זוג שמימי מוזר
203	נח ברוש	בייגל שמימי - הגלקסיה המוזרה של הואג

חדשות מעולם האסטרונומיה

160 - 161	עמ'	5 - 6	עמ'
		117 - 119	עמ'

חקר החלל

26	"מעריב"	מדען ישראלי חוקר סטיות חברתיות בחלל
31	"מעריב"	האם תתנחל האנושות על כוכבי הגלקסיה?
32	"מעריב"	פארק תעשייתי בחלל
		אנשי החלל מתנסים בבדידות וגעגועים עזים
33	"מעריב"	ל"אמא" אדמה
43	חיים מזר	אסטרוגיאולוגיה מהי?
57	נח ברוש	פלוטו - המשך הסיפור
	*ערן אופק,	בלון חוקר לאטמוספירת נוגה
60	רואי גרשון	תצפיות ראשונות מג'יוטו
61	*יואב יאיר	הר געש על גנימד
85	חיים מזר	ההרפתקאה השמימית של האירופים
102	*בועז מאיר	משימה מאויישת למאדים
104	יואב יאיר	670 שעות הליכה בחלל יידרשו לבניית תחנה
129	"מעריב"	התוכנית לחקר מאדים
139	שחל לוין	תכנית הטיסות המאויישות של ארה"ב
162	נח ברוש	מעבורת החלל - עקרונות בניה והפעלה, אילוצים
169	נח ברוש	ניסויים מדעיים בחלל במטענים קטנים
174	נח ברוש	מטענים לניסויי חלל קטנים
194	נח ברוש	לווינים קטנים וזולים (יחסית)
199	נח ברוש	

שונות

83	רומן נאכט	על אסטרונומים ועב"מים
98	אילן מנוליס	חוויות ורשמים מכינוס חובבים בארה"ב
127	אילן מנוליס	רשמי ביקור ב-JPL
197	נח ברוש	על עב"מים ואסטרונומים
208	נח ברוש	הבעיה של זיהום האור
214		תוכן מאמרים בכרך 14 - שנת 1987

